北海道農業試驗場彙報

第 65 號

昭和 28 年 12 月

RESEARCH BULLETIN

OF THE

HOKKAIDO NATIONAL AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION

No. 65

December, 1953

Published by

The Hokkaido National Agricultural Experiment Station

Kotoni, Sapporo, Japan

北海道農業試驗場

札幌郡琴似町

目　次

露場の気温と水田の水温，地温との関係
及びこれら気象要素と稲反収との関係について……………………………………藤　原　　忠 (1)

整地法を異にする場合の土壌状態と陸稲の発芽生育について…………………千　葉　　豪
大根田　　襄 (9)

北海道に於ける重粘性土壌の研究
第1報　小向重粘土の二三の理学的性質及び化学的組成……………………森　　哲　郎 (17)

早春強雨による土壌侵蝕の被害……………………………………………………西　潟　高　一
飯　田　次　男
藤　原　俊　英 (25)

北海道に於ける十字花科植物のバイラス病
第2報　胡瓜モザイクバイラス……………………………………………………大　島　信　行
田　中　一　郎 (31)

マメシンクイガによる大豆被害粒率の品種間差異に
影響する諸要因に就て………………………………………………………………西　島　　浩
黒　沢　　強 (42)

大豆の感温性・感光性に関する研究
第2報　栽培環境の相違による大豆主要特性の変異と
大豆品種の感温性，感光性との関係………………………………尾　崎　　薫 (52)

大豆の脂肪蛋白質含量及び沃素価に関する研究…………………………………新　田　一　彦 (65)

皮蛋の製造について…………………………………………………………………西　原　雄　二
西　部　慎　三 (69)

北海道に飼養する乳牛の脂肪率とカロチン
及びビタミンA含量に関する研究　第2報………………………………………上　月　操　一
大　原　久　友
三　股　正　年
吉　田　則　人
高　野　信　雄 (74)

CONTENTS

On the correlation between the air temperature in observation field and the water and earth temperatures in paddy field, and relation of these meteorological facters to the yield of rice plant. .... Tadashi FUJIWARA (1)

Relation of emergence and growth of uplaud rice to physical properties of soil in each dry rice-field tilled respectively by different tillage implements and machinery. .... Takeshi CHIBA and Noboru ONEDA (9)

Studies on the heavy clay soils in Hokkaido.
Part 1. Some physical and chemical properties of the heavy clay soil at Komukai, Povince of Kitami. .... Tetsuro MORI (17)

Severe erosion by a early spring intense rainfall. .... Takaichi NISHIKATA
Tugio IIDA and Syunei FUJIWARA (25)

Studies on the virus diseases of crucifers in Hokkaido.
II Cucumber mosaic virus. .... Nobuyuki OSHIMA and Ichiro TANAKA (31)

Some factors affecting varietal differences of soy bean to attack by the soy bean pod borer, *Grapholitha glycinivorella* MATSUMURA (Lepidopt., Eucosmidae) .... Yutaka NISHIJIMA and Tsuyoshi KUROSAWA (42)

Studies on the intensity of responses to temperature and day-length during the growth period of soybeans.
II Varietal response to temperature and day-length and variation in main ecological characters of soybean plant induced by different cultural plactices, with special reference to the time and method of seeding. .... Kaoru OZAKI (52)

Studies on the oil and protein contents and iodine number of soybean seeds. (Second report) .... Kazuhiko NITTA (65)

On the manufacture of "Pidan" (A chinese preserved egg) ....
Yuji NISHIHARA and Shinzo NISHIBE (69)

On the butter fat, carotene and vitamin-A of cow's milk in Hokkaido. II .... Soichi KOZUKI, Hisatomo OHARA
Masatoshi MITSUMATA, Norito YOSHIDA and Nobuo TAKANO (74)

露場の氣温と水田の水温，地温との相關及び
これら氣象要素と稲反收との關係について

藤　原　　　忠*

ON THE CORRELATON BETWEEN THE AIR TEMPERATURE IN OBSERVATION FIELD AND THE WATER AND EARTH TEMPERATURES IN PADDY FIELD, AND RELATION OF THESE METEOROLOGICAL FACTORS TO THE YIELD OF RICE PLANT

By Tadashi FUJIWARA

I　緒　　言

観測露場で観測された気温と水田の水温並びに地温との間にどの程度の相関々係があるであろうか。もしこれらの間に高い相関々係が存在するならば，相関式を用いて観測露場の気温より水田の水温と地温とがある程度推算し得ないであろうか。又これら気象要素と稲反收との相関々係は季節的にどのようであり，どの要素との関係が最も密接であろうか。又寒地稲作に於て水田微気象的には先ず水温の人工支配の問題がとりあげられているが，水温と稲反收との関係より水温1°Cの上昇によつてどの程度増收になつているかゞわからないであろうか。本報に於てはこのような問題について若干調査した結果を述べる。

II　調査資料及び方法

1.　調査資料

a）露場気温と水田水温，地温との関係については，北海道農業試験場本場の昭和6年より同25年に至る20年間の旬別平均気温，旬別平均水温及び旬別10時地温を用いた。

b）気温，水温，地温と稲反收との関係については，北海道農業試験場本場，渡島支場，上川支場，北見支場及び美深分場の大正10年より昭和25年に至る30年間（試験機関により多少不同の場所もある）の水稲豊凶試験の稲反收とその気象観測値，及び北海道庁統計書稲作支庁別反收の石狩，渡島，上川及び網走の4支庁の大正6年より昭和21年に至る30年間の稲反收（石狩は22年間）を用いた。

2.　調査方法

a）露場気温と水田水温，地温との関係については，気温と水温との相関係数を算出し，次に気温に対する水温と地温の直線回帰式を求め，更にこれらの直線回帰式を用いて気温より水田の水温，地温を推算した場合の標準誤差（S）を算出した。直線回帰式と推算の標準誤差の算出には次式を用いた。

$$y=\bar{Y}+b(x-X)$$

$$b=\frac{\sum xy}{\sum x^2}=\frac{\sum XY-\frac{\sum X\sum Y}{N}}{\sum X^2-\frac{(\sum)X^2}{N}}$$

$$S=\sqrt{\frac{\sum d^2}{N-2}}$$

Xは各年の気温

Yは各年の水温又は地温

dは推算値と観測値との偏差

Nは調査年数

b）気温，水温及び地温と稲反收との関係については，これら気象要素と稲反收との相関係数を算出し，次に水温のみ支庁別稲反收との相関係数をも求め，更に水温1°Cの上昇によりどの程度増收しているかを見るため稲反收の水温に対する一次の回帰係数を算出し，更にその信頼度を検定するため回帰係数のt値とその確率（P）を求めた。回帰係数（b）とそのt値の算出には次式を用いた。

＊　農業物理部農業気象研究室

$$b=\frac{\sum xy}{\sum y^2}=\frac{\sum XY-\frac{\sum X\sum Y}{N}}{\sum Y^2-\frac{(\sum Y)^2}{N}}$$

$$t=\frac{b\sqrt{\sum y^2}}{u}=\frac{b\sqrt{\sum Y^2-\frac{(\sum Y)^2}{N}}}{u}$$

$$u^2=\frac{1}{N-2}\sum(X-E)^2$$

$$\sum(X-E)^2=\sum x^2-\frac{\sum xy}{\sum y^2}$$

$$=\left\{\sum X^2-\frac{\sum X^2}{N}\right\}-\left\{\frac{\sum XY-\frac{\sum XY}{N}}{\sum Y^2-\frac{(\sum Y)^2}{N}}\right\}$$

Xは各年の稲反収　Yは各年の水温
Nは調査年数

Ⅲ　調査結果

1. 氣温と水温，地温との關係

旬別平均気温（観測露場）と旬別平均水温及び旬別 10 時水田地温との間には高い正の相関々係があり，その相関係数は何れも 1 %水準で有意であり，これらの間の関係式は一次の直線回帰式で示される。今この直線回帰式を用いて観測露場の気温より水田の水温及び地温を推算するときその推算の標準誤差は水温については 0.7～1.4° C，地温については 0.7° C 前後である（第 1 表及び第 2 表参照)。

第 1 表　旬別平均気温と旬別平均水温との相関係数及び気温に対する水温の直線回帰式及び同回帰式による水温推算の標準誤差

Table 1　Correlation coefficients of each ten days mean air temperature to each ten days water temperature, and linear regression formulas of water temperature on air temperature, and standard errors of these formulas.

旬別	相関係数	直線回帰式（°C）	標準誤差（°C）
5 月下旬	+0.643	y = 7.03+0.80 x	1.4
6 月上旬	+0.751	y = 4.78+0.96 x	1.4
6 月中旬	+0.563	y = 9.87+0.66 x	1.4
6 月下旬	+0.595	y = 10.77+0.63 x	1.4
7 月上旬	+0.917	y = 7.83+0.77 x	0.7
7 月中旬	+0.760	y = 13.06+0.48 x	1.2
7 月下旬	+0.815	y = 10.52+0.58 x	0.9
8 月上旬	+0.843	y = 7.65+0.70 x	0.8

註　昭和 6 年より昭和 25 年に至る 20 年間の資料による。相関係数は P = 0.01 で何れも有意。

第 2 表　旬別平均気温と旬別 10 時水田地温との相関係数及び気温に対する地温の直線回帰式及び同回帰式による地温推算の標準誤差

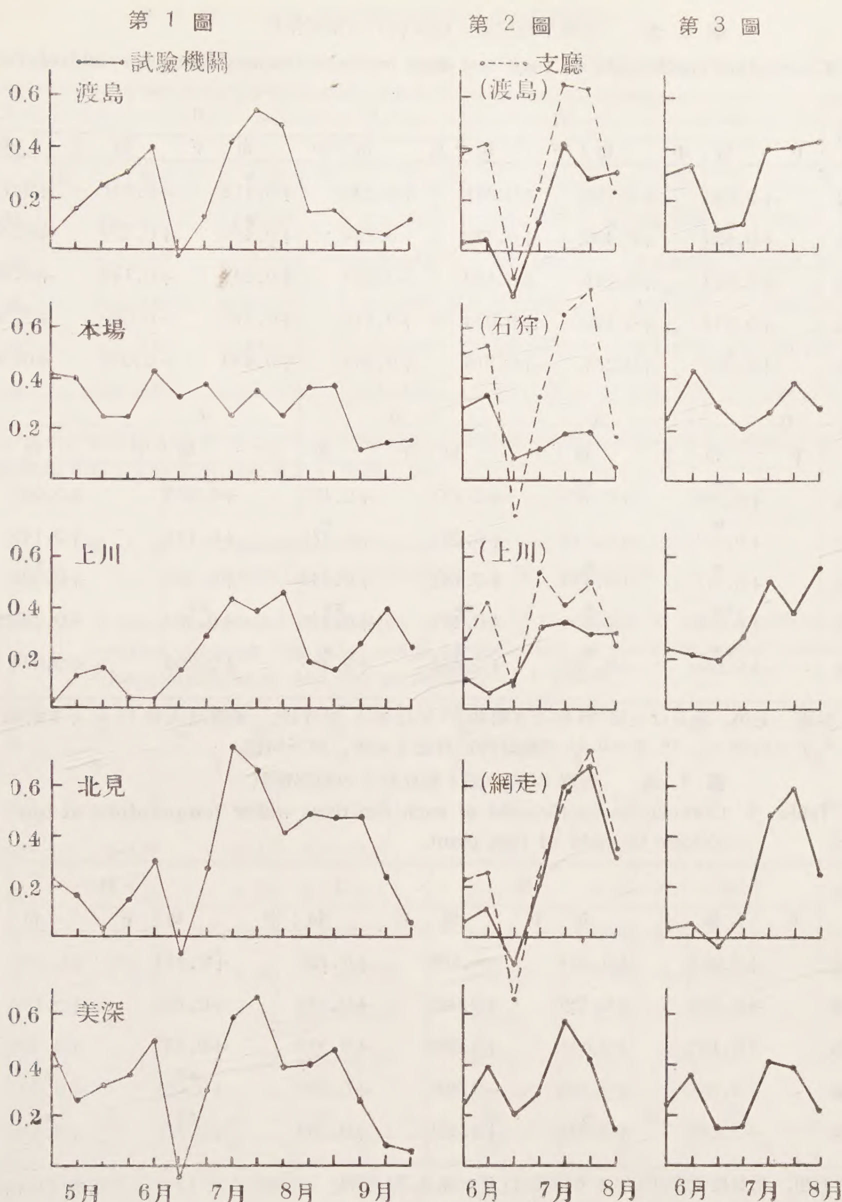
Table 2　Correlation coefficients of each ten days mean air temperature to each ten days earth temperature at ten o'clock, and linear regression formulas of earth temperature on air temperature, and standard errors of these formulas.

旬別	相関係数	直線回帰式（°C）	標準誤差（°C）
5 月下旬	+0.730	y = 6.60+0.53 x	0.7
6 月上旬	+0.613	y = 4.23+0.74 x	0.7
6 月中旬	+0.834	y = 8.19+0.55 x	0.8
6 月下旬	+0.762	y = 8.86+0.54 x	0.7
7 月上旬	+0.859	y = 10.86+0.46 x	0.6
7 月中旬	+0.820	y = 11.89+0.41 x	0.8
7 月下旬	+0.911	y = 7.89+0.62 x	0.6
8 月上旬	+0.890	y = 6.44+0.68 x	0.7

註　昭和 6 年より昭和 25 年に至る 20 年間の資料による。相関係数は P = 0.01 で何れも有意。

2. 氣温，水温，地温と稲反收との關係

旬別平均気温，旬別 10 時水温（本場のみ平均水温）及び旬別 10 時地温と稲反収との相関々係は，気温との関係が水温，地温との関係に比べて高く，季節的の相関の強弱の度合は一般に 5 月に弱く，6 月上，中旬に稍強まり，下旬には著しく弱まるが，7 月上旬以後は次第に強まり，7 月中，下旬及び 8 月上旬に最も強まり，以後次第に弱まる。しかしてこれらの傾向を試験機関別に見ると渡島支場，北見支場及び美深分場では明らかであり，上川支場では概ねこの傾向に一致し，本場では必ずしも一致しない（第 1, 2, 3 図及び第 3, 4, 6 表参照)。次に水温についてのみ試験機関稲反收との外，支庁別稲反収との相関係数を算出したが，北見（網走）を除いて何れも支庁別稲反収と水温との相関係数はそれらの支庁に対応する試験機関稲反収と水温との相関係数より大きい（第 2 図及び第 5 表参照)。次に水温と稲反収との相関々係より水温 1° C に対する稲反収の増收値はどの程度であるかを調査するため，稲反収の水温に対する一次の回帰係数を算出したが，その結果は第 7 表及び第 8 表に示す如くで，5 % 水準で有意なのは試験機関では渡島支場，北見支場及び美深分場の 7



第1圖　気温と稲反収との相関係数　**Fig. 1** The correlation coefficients of air temperature to yield of rice plant.

第2圖　水温と稲反収との相関係数　**Fig. 2** The correlation coeflicients of water temperature to yield of rice plant.

第3圖　水田地温と稲反収との相関係数　**Fig. 3** The correlation coefficients of earth temperature to yield of rice plant.

月中下旬に各約1～2斗，各支庁では各支庁共6月上，中旬に各0.5～1.0斗，7月中，下旬に各1～2斗である（第7,8表参照)。

Ⅳ 考　　察

観測露場の気温と水田の水温，地温との間に相当の正の相関々係があるのであろうことは常識的にも考えられるところであるが，統計的に露場の旬別平均気温と水田の旬別平均水温及び旬別10時地温との相関係数は何れも1％水準で有意であり，これら気温と水温，水田地温との間の関係式は一次の直線回帰式で示される。今これらの直線回帰式を用い，露場の旬別平均気温より水田の旬別平均水温及び旬別10時地温を推算すると推算の

第 3 表 旬別平均気温と稲反収との相関係数

Table 3 Correlation coefficients of each ten days mean air temperature to yield of rice plant.

場名	5月 上旬	5月 中旬	5月 下旬	6月 上旬	6月 中旬	6月 下旬	7月 上旬	7月 中旬
渡島支場	+0.056	+0.158	+0.251	+0.296	+0.413*	−0.031	+0.134	+0.418*
本場	+0.408*	+0.400*	+0.243	+0.254	+0.425*	+0.329	+0.384*	+0.252
上川支場	+0.029	+0.141	+0.169	+0.029	+0.043	+0.145	+0.292	+0.444*
北見支場	+0.234	+0.160	+0.034	+0.147	+0.310	−0.079	+0.267	+0.764**
美深分場	+0.462*	+0.274	+0.318	+0.363	+0.499**	−0.038	+0.304	+0.590**

場名	7月 下旬	8月 上旬	8月 中旬	8月 下旬	9月 上旬	9月 中旬	9月 下旬
渡島支場	+0.546**	+0.485**	+0.153	+0.163	+0.073	+0.063	+0.124
本場	+0.361*	+0.245	+0.355	+0.371*	+0.121	+0.145	+0.163
上川支場	+0.377*	+0.456*	+0.182	+0.149	+0.263	+0.396*	+0.215
北見支場	+0.656**	+0.406*	+0.485**	+0.470**	+0.482**	+0.240	+0.051
美深分場	+0.666**	+0.385*	+0.402*	+0.455*	+0.260	+0.084	+0.054

註 渡島，本場，上川，北見は大正 10 年より昭和 25 年に至る 30 年間。美深は大正 13 年より昭和 24 年に至る 26 年間。* P＝0.05 で ** P＝0.01 で統計的に有意を示す，以下同様。

第 4 表 旬別 10 時水温と稲反収との相関係数

Table 4 Correlation coefficients of each ten days water temperature at ten o'clock to yield of rice plant.

場名	6月 上旬	6月 中旬	6月 下旬	7月 上旬	7月 中旬	7月 下旬	8月 上旬
渡島支場	+0.014	+0.024	−0.188	+0.106	+0.414	+0.282	+0.305
本場	+0.276	+0.325	+0.085	+0.124	+0.182	+0.187	+0.048
上川支場	+0.132	+0.063	+0.098	+0.333	+0.333	+0.303	+0.299
北見支場	+0.061	+0.108	−0.106	+0.206	+0.601**	+0.693**	+0.323
美深分場	+0.248	+0.396*	+0.201	+0.289	+0.576**	+0.421**	+0.135

註 渡島，上川，北見は大正 10 年より昭和 25 年に至る 30 年間。本場は大正 14 年より昭和 25 年に至る。美深は大正 13 年より昭和 24 年に至る 26 年間。本場のみ平均水温。

第 5 表 旬別 10 時水温と支庁別稲反収との相関係数

Table 5 Correlation coefficients of each ten days water temperature at ten o'clock to yield of rice plant in each subprefecture.

支庁名	6月 上旬	6月 中旬	6月 下旬	7月 上旬	7月 中旬	7月 下旬	8月 上旬
渡島支庁	+0.392*	+0.408*	−0.144	+0.240	+0.629**	+0.615**	+0.229
石狩支庁	+0.495**	+0.525**	−0.152	+0.330	+0.656**	+0.754**	+0.179
上川支庁	+0.277	+0.424*	+0.085	+0.541**	+0.407*	+0.498**	+0.256
網走支庁	+0.225	+0.245	−0.245	+0.243	+0.579**	+0.743**	+0.348

註 渡島，上川，網走支庁は大正 6 年より昭和 21 年までの 30 年間。石狩支庁は大正 14 年より昭和 21 年までの 22 年間。石狩のみ平均水温。

第 6 表　旬別 10 時地温と稲反収との相関係数

Table 6 Correlation coefficients of each ten days earth temperature at ten o'clock to yield of rice plant.

場名	6月 上旬	6月 中旬	6月 下旬	7月 上旬	7月 中旬	7月 下旬	8月 上旬
渡島支場	+0.302	+0.329	+0.087	+0.105	*+0.398	*+0.414	*+0.475
本場	+0.253	*+0.443	+0.293	+0.198	+0.267	*+0.394	+0.280
上川支場	+0.237	+0.217	+0.199	+0.291	**+0.517	*+0.380	**+0.556
北見支場	+0.042	+0.062	−0.039	+0.075	**+0.492	*+0.595	+0.240
美深分場	+0.232	+0.359	+0.148	+0.157	*+0.412	+0.385	+0.217

註　渡島，上川，北見は大正 10 年より昭和 25 年に至る 30 年間。本場は大正 14 年より昭和 25 年に至る 26 年間。美深は昭和 8 年より昭和 24 年に至る 17 年間。

第 7 表　試験機関稲反収の旬別10時水温に対する一次の回帰係数（b）及び回帰係数の t 値とその確率 p

Table 7 Linear regression coefficients of yield of rice plant at each experimental station on each ten days water temperature at ten o'clock and t value of these coefficients and the probability of t value.

月旬	渡島支場			本場			上川支場	
	b	t	p	b	t	p	b	t
6月上旬	升 +0.2	0.06	>0.9	升 +3.6	1.54	0.2—0.1	升 +1.8	0.70
〃 中旬	+0.4	0.15	0.9—0.8	+4.1	1.81	0.1—0.05	+0.9	0.24
〃 下旬	−3.0	1.51	0.2—0.1	+1.7	0.45	0.7—0.6	+2.4	0.52
7月上旬	+1.7	0.56	0.6—0.5	+2.1	0.66	0.6—0.5	+6.6	1.88
〃 中旬	**+9.6	4.00	<0.01	+2.3	1.02	0.4—0.3	+6.5	1.89
〃 下旬	+2.1	2.00	0.1—0.05	+3.4	1.00	0.4—0.3	+6.5	1.68
8月上旬	+5.2	1.70	0.1—0.05	+0.8	0.25	0.9—0.8	+6.7	1.64

月旬	場	北見支場			美深分場		
	p	b	t	p	b	t	p
6月上旬	0.5—0.4	升 + 1.3	0.31	0.8—0.7	升 + 6.9	1.37	0.2 —0.1
〃 中旬	0.9—0.8	+ 2.8	1.58	0.2—0.1	*+1.18	2.26	0.05—0.02
〃 下旬	0.7—0.6	− 3.0	1.35	0.2—0.1	+10.0	1.08	0.3 —0.2
7月上旬	0.1—0.05	+ 5.2	1.11	0.3—0.2	+ 8.2	1.60	0.2 —0.1
〃 中旬	0.1—0.05	**+14.8	4.00	<0.01	**+17.4	3.70	<0.01
〃 下旬	0.2—0.1	**+24.2	5.08	<0.01	*+15.8	2.46	0.05—0.02
8月上旬	0.2—0.1	+11.1	1.81	0.1—0.05	+ 5.8	0.72	0.5 —0.4

註　渡島，上川，北見は大正 10 年より昭和 25 年に至る 30 年間。本場は大正 14 年より昭和 25 年に至る美深は大正 13 年より昭和 24 年に至る 26 年間。本場のみ平均水温。

第 8 表 支庁別稲反収の旬別10時水温に対する一次の回帰係数（b）及び回帰係数の t 値とその確率 p

Table 8 Linear regression cofficients of rice plant in each subprefecture on each ten days water temperature at ten o'clock and t value of these coefficients and the probaility of t value.

月 旬	渡島支庁			石狩支庁			上川支庁			網走支庁		
	b	t	p	b	t	p	b	t	p	b	t	p
6 月上旬	+ 5.5 *升	2.26	0.05—0.02	10.8 **升	3.31	<0.01	+ 4.4 升	1.53	0.2 — 0.1	+ 4.3 升	1.22	0.3 —0.2
〃 中旬	+ 6.3 *	2.37	0.05—0.02	10.9	2.75	0.02—0.01	+ 8.2 *	2.48	0.02—0.01	+ 5.2	1.34	0.3 —0.2
〃 下旬	− 2.7	0.78	0.5 —0.4	− 4.2	0.69	0.5 —0.4	+ 1.9	0.44	0.7 —0.6	− 6.4	1.34	0.2 —0.1
7 月上旬	+ 4.2	1.31	0.2 —0.1	+ 8.2	1.56	0.2 —0.1	+11.6 **	3.41	<0.01	+ 4.9	1.33	0.2 —0.1
〃 中旬	+19.3 **	4.28	<0.01	+13.7 **	3.89	<0.01	+ 9.9 *	2.23	0.05—0.02	+13.6 **	3.76	<0.01
〃 下旬	+10.4 **	4.13	<0.01	+20.3 **	5.10	<0.01	+11.3 **	3.04	<0.01	+24.4 **	5.39	<0.01
8 月上旬	+ 4.7	1.24	0.3 —0.2	+ 4.5	0.81	0.5 —0.4	+ 5.7	1.40	0.2 —0.1	+ 9.0 *	1.97	0.1 —0.05

註 渡島，上川，網走支庁は大正 6 年より昭和 21 年までの 30 年間。石狩支庁は大正 14 年より昭和 21 年までの22年間。石狩のみ平均水温。

標準誤差は水温については 0.7～1.4° C，水田地温については 0.6～0.8° C である。気象観測値については普通 0.3° C 以内の高い精度が要求されるので実用に供するには許容誤差が大き過ぎるが，一般気象観測のデーターと農地微気象のデーターとの間には，高い正の相関々係の存在することがうなずかれる。この種のことについては大後[2) 3)]によつても報告されている。

次に旬別平均気温，旬別 10 時水温及び旬別 10 時地温と稲反收との相関々係について調査を行つたが，これら 3 気象要素のうちでは気温と稲反收との関係が，水温及び水田地温と稲反收との関係より密接である。このことは従来数多くの研究者により気温，降水量及び日照の 3 気象要素と稲反收との関係では気温との関係が最も密接であることが指摘されていることと考え合せ，気温の稲作に及ぼす重要性が窺われる。気温，水温及び水田地温と稲反收との相関の季節的の強弱の度合は 5 月に弱く，6 月上，中旬に稍強まり，下旬に著しく弱まるが，7 月上旬より再び強まり 7 月中，下旬及び 8 月上旬に最も強まり，以後弱まる。このことは作物学的にも 6 月上，中旬は秧挿期，7 月中旬より 8 月上旬にかけて幼穂形成期より穂孕期に当ることから首肯される。この結果は中山[15)]により支庁別稲反收と測候所の平均気温について報告されている結果と一致している。これら気象要素と稲反收との相関々係を試験機関別に考察すると，渡島支場，北見支場及び美深分場では前記の傾向は明らかであるが，上川支場では概ね明らかであり，本場では必ずしも明らかでない。このことは上川支場及び本場では技術の高いことと試験田の立地条件が比較的恵まれていること等が関係して年の気象の影響の稲反收への発現が，或る程度かき消されるためであろうと考える。

本場については大後[1)]によつても気温と稲反收との間に明らかな相関の得られなかつたことが報告されている。水田地温と稲反收との相関々係については中原[14)]により 6 月上，下旬及び 7 月上旬に負の相関が報告されているが，本調査の結果からはこれらの時期に相関の弱まる点では一致するが，負となると云う点では必ずしも一致しない。水温と稲反收との相関々係については支庁別稲反收との相関係数をも算出したが，その相関係数は網走を除いて何れも試験機関稲反收との相関係数より大きい。これは試験機関では一般農家に比し技術的にも高く，又試験田の立地条件も比較的恵まれているためであろうと考える。次に水温 1° C の上昇による稲収收の増收値を一次の回帰係数により算出すると，5 % 水準で有意なのは試験機関では渡島支場，北見支場，美深分場の 7 月中，下旬に各 1.0～2.0 斗，各支庁では各支庁共 6 月上，中旬に各 0.5～1.0 斗及び 7 月中，下旬に各 1.0～2.0 斗である。しかし上記の増收値は単純相関々係で扱つた結果であり，一般に收量の構成には単

一の要素が単一にのみ作用するものではないから，この点については将来更に解析して考えられなければならない。以上よりこれら気象素要と稲反収との相関々係は技術的には低い所，立地的には恵まれない所，気象的にはその制約の強い所等に強く現われ，又，かゝる所では気温の上昇による増収値も大きいことが分る。

V 摘　　要

観測露場の気温と水田の水温，地温及びこれら気象要素と稲反収との相関々係について，前者は北海道農業試験場本場の昭和6年より昭和25年に至る20年間の観測値について，後者は同本場，渡島支場，上川支場，北見支場及び美深分場の大正10年より昭和25年に至る30年間（試験機関により多少不同あり）の気象観測値と水稲豊凶考照試験の稲反収，及び北海道庁統計書の石狩，渡島，上川，網走の各支庁別の大正6年より昭和21年に至る30年間の稲反収を用い調査を行つた。

その大要は次の如くである。

(1) 観測露場の気温と水田の水温，地温との間には高い正の相関々係があり，その相関係数は何れも1％水準で有意であり，これらの間の関係式は一次の直線回帰式で示される。

(2) これらの直線回帰式を用いて観測露場の気温より水田の水温，地温を推算すると，その推算の誤差は，水温については0.7～1.4°C，水田地温については0.6～0.8° C である。

(3) 気温，水温及び水田地温と稲反収との相関関係は，気温との関係が水温及び水田地温との関係に比べて稍強く，季節的には5月に弱く，6月上，中旬に強まり，下旬には著しく弱まり，7月上旬以後再び強まり，同月中，下旬及び8月上旬にかけて最も強まり以後次第に弱まる。

(4) 上記の気温，水温，水田地温と稲反収との相関々係を試験機関別に考察すると，渡島支場，北見支場及び美深分場では明らかであり，上川支場では概ね明らかであるが，本場では必ずしも明らかでない。

(5) 水温と稲反収との相関々係についてのみ，支庁別稲反収との相関々係をも調査したが，水温と支庁別稲反収との相関係数は，網走を除いて何れも水温と試験機関稲反収との相関係数より大きい。

(6) 旬別10時水温1°Cの上昇に対する稲反収の増収値を，稲反収の水温に対する一次の回帰係数により算出すると，5％水準で有意なのは，試験機関では渡島支場，美深分場の7月中，下旬に各1～2斗，各支庁では各支庁とも6月上，中旬に各0.5～1.0斗，7月中，下旬に各1～2斗である。然しこれは単純相関々係で扱つた結果である。

(7) 気温，水温及び水田地温と稲反収との相関々係は技術的には低い所，立地的には条件の悪い所，気象的にはその制約の強い所で高く，又かゝる所では水温の上昇による増収値も大きい。

終りに臨み種々御教示を賜わつた当場作物部長吉野至徳技官並びに農業物理部長横山偉和夫技官に深甚の謝意を表すると共に，計算を手伝つていただいた農業気象研究室石黒忠之，品田義朗の両氏に厚く御禮申し上げる。

参考文献

1. 大後美保（1944）：水稲の生産指数の算出とその応用（北海道について）．農業及園芸，19，589—590.
2. 大後美保（1948）：農地微気象の研究．
3. 大後美保・丸山栄三（1951）：気象観測用露場の気温と麦畑内の気温との関係について．農業気象，7巻，3・4号，1—2.
4. 長谷川徳太郎（1933）：北海道に於ける米作と気象．北海道気象月報，450，4—6.
5. 星川信吉（1929）：気象上より見たる上川地方米作の豊凶．産業気象調査報告，1，411—416.
6. 市村三郎（1948）：北見市附近に於ける農作の豊凶と気象状態に就ての一考察．
7. 池田　湧（1938）：旭川に於ける稲作と気温との関係．北海道気象月報，517，180—184.
8. 浜　浪夫（1947）：水田の灌漑と除草。
9. 川口丈夫（1934）：北海道米作と気候因子との関係について．北海道統計，18，25—28.
10. 木下茂吉（1937）：北海道に於ける気温と米作反当収量との関係．北海道気象月報，501，117—123.
11. 桑原武司（1950）：十勝地方に於ける主要農作物の特性と収量と気象との相関に関する調査．北農，17巻，9号，4—18.
12. 松井秀一（1942）：北海道米作立地に関する統計的考察，その2，反当米収量と気温．北海道統計，110，1—13.

13. 中原孫吉 (1940—41) : 寒地農作物の収量と気象の相関的研究, I 米収量と気象との関係. 北海道気象要報, 1, 157—163.

14. 中原孫吉 (1942) : 水田地温と水稲の季節及び収量について. 中央気象台彙報, 第 19 冊, 2 号 333—334.

15. 中山林三郎 (1951) : 水稲の年変異に関する研究. 北海道立農業試験場報告, 第 2 号.

16. 吉野至徳 (1950) : 水稲栽培に於ける灌漑の問題 I (北海道を中心として). 農業技術, 5 巻, 7 号, 17—12.

Résumé

Studies were made on the correlation of air temperature in the observation field to water and earth temperatures in the paddy field, and also of these meteorological factors to the yield of rice plant. The results are summarized as follows:

1. The correlation of air temperature in the observation field to water and earth temperatures in the paddy field, is significant at the level of P 0.01. It can be shown by linear regression formulas.

2. Standard errors of water and earth temperatures calculated from air temperature by these regression formulas, are 0.7—1.4°C in the former and 0.6—0.8°C in the latter.

3. The correlation of air temperature to yield is higher than the correlation of water and earth temperatures to yield of rice plant. The correlation of these meteorological factors to yield is the lowest in the end of June but highest during the period from the middle of July to early in August.

4. The correlation mentioned above is remarkable at the Oshima, Kitami, and Bifuka branch stations, but unremarkable at the central experiment station at Kotoni.

5. The correlation of water temperature to the yield of rice plant in each province is higher than the correlation of water temperature to yield of rice plant at each respective experimental station.

6. The increased yield of rice plant per acre which is resulted from an increase of 1°C in water temperature, is 4—8 gallons in the middle and end parts of July at Oshima, Kitami, and Bifuka branch stations, and 2—4 gallons in the early and middle parts of June and 4—8 gallons in the middle and end parts of July in every province.

7. It can be concluded that the correlation of these meteorological factors to the yield of rice plant is higher in the districts where agricultural technique is not advanced and soil or meteorological condition is unfavourable than in the districts where the technique is more perfected and the environment is better.

整地法を異にする場合の土壌狀態と陸稲の發芽生育について

千葉　　豪*　大根田　襄*

RELATION OF EMERGENCE AND GROWTH OF UPLAND RICE TO PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL IN EACH DRY RICE-FIELD TILLED RESPECTIVELY BY DIFFERENT TILLAGE IMPLEMENTS AND MACHINERY

By Takeshi CHIBA and Noboru ŌNEDA

1. 緒　言

水稲栽培の一貫機械化は乾田直播栽培に於て最も容易と考えられる。この場合先ず必要なことは，機械によつて整地された乾田に於て稲の発芽が良好であり，生育が齊一であり，[1)2)] 且つ機械化のために受ける耕種上の制約にも拘らず充分な收量を期待し得ることである。北海道のように耕作期間が短くしかも春季遅くまで寒冷な地方に於てこれらを滿足することは困難な問題であるが，整地機具の改良と併用によつて適当な土壌状態を作り，或る程度克服することが出来るであろうと思われる。そのためには作物の発芽，生育に対し土壌の状態を綜合的に調べなければならないので，先ず現在用いられている数種類の農機具を種々併用して乾田の整地を行い，各試験区の土壌状態と発芽生育の状況を概観してみた。調査にあたつては過去2年間に行つた予備試験の結果を参照したが略同様な傾向が得られており，殊に整地法に対応する発芽生育状況の順位は常に一定であつた。

本報告に於ては種々な整地法によつて生じた発芽生育の相違を，土壌の物理性特に水分，空気量，地温の相違によつて說明しようと試みた。[1) 3) 4) 5) 6) 9)] この試験に於ては種々な困難があるので，水稲の代りに条件のより容易な陸稲「北海早生」を用いることにした。[5) 7) 8) 9)]

2. 耕種方法及び發芽生育の狀況

埴壌土の一様な乾田中に縱約6間巾約5間の試験区を8区作り第1表に示すような整地を行つたが，ここでは整地法の類似した区の一方は省き第3区，第5区，第6区，第7区，及び別に設けた第9区の5つの区について示した。この乾田は前年まで水田として使用していたもので試験区は左右対称に4区づつ設けた。各整地機具は試験区の大きさの関係から除外区に於て回転し一方の端から他方へと作業を行つた。種子は粒選後塩水選を行い，ドリルによつて各区とも1尺3寸の巾に条

第1表　整地機具の使用回数と使用時間

Table 1 Tillage implements and machinery used in each plot.

整地機具 ＼ 区	3		5		6		7		9	
	回数	時間	回数	時間	回数	時間	回数	時間	回数	時間
自動耕耘機	3	5.0	—	—	—	—	—	—	3	5.0
プラウ	—	—	(秋耕) 1	2.3	(春耕) 1	2.3	(秋耕) 1	2.3	—	—
デスクハロー	—	—	3	3.3	4	4.4	—	—	—	—
カルチパツカー	—	—	2	3.3	—	—	1	1.6	—	—
スプリングカルチベーター	—	—	—	—	—	—	2	2.7	—	—
レバーハロー	—	—	—	—	2	1.2	2	1.2	—	—
鬼ハロー	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

註　9区は3区と同じ整地法であるが，みぶよもぎ搾油粕100貫を施用してある。

*農業物理部農業気象研究室

播を行つたが，将来水稲の機械化栽培に於ける除草機の使用を考慮してこの畦巾を採つたものである。又乾田中では溝漑水による肥料の天然供給を望み得ないわけであるが，調査は整地法を異にする土壌の理学性に重点を置いたため，肥料の増量，追肥などは行わず，[7)] [10)] 反当り過燐酸石灰8貫，硫酸アンモニヤ5貫，塩化カリ2貫を施用した。但し第9区に於ては第3区と同じ整地法と施肥を行つた上にみぶよもぎ搾油粕100貫を施用し他区との比較を試みた。

各区はそれぞれ土壌状態を異にし従つて発芽生育の状況も異つているので，先ず各区の生育季節を第2表に示し，第3～6表には生育調査，第7表には収量調査の結果を示した。生育については各区とも数個所に於て6尺間を採り調査を行つた。

第2表　各区の生育期節

Table 2　Growing stage in each plot.

区＼生育期節	整地	播種	発芽始	発芽期	発芽揃	幼穂形成期	止葉期	穂孕期	出穂期	成熟期	収穫期
3	5月 2日	5月 3日	6月 3日	6月 3日	6月 7日	7月21日	8月 6日	8月 8日	8月11日	9月25日	10月 5日
5	〃	〃	5月28日	6月 2日	6月 4日	〃	8月 4日	8月 6日	8月 8日	9月23日	〃
6	〃	〃	6月 2日	6月 3日	6月 6日	〃	8月 6日	8月 8日	8月10日	9月25日	〃
7	〃	〃	6月 2日	6月 3日	6月 6日	〃	8月 6日	8月 8日	8月10日	9月25日	〃
9	〃	〃	6月 2日	6月 3日	6月 7日	〃	8月 1日	8月 6日	8月 8日	9月21日	〃

第3表　6月3日（発芽期）の生育状況

Table 3　The state of growth on June 3 (emergence time).

区	草丈（cm）	根長（cm）	発芽率(%)*
3	2.0	3.3	48
5	2.7	3.6	58
6	2.8	4.5	57
7	2.2	3.6	48
9	2.2	3.8	44

註　* 発芽率は6尺間茎数を播種量の計算値で割つたもの。

第4表　7月11日の生育状況

Table 4　The state of growth on July 11.

区	草丈(cm)	茎数*(本)	風乾重(g)	含水比*(%)
3	17.7	130	2.8	329
5	20.4	156	3.4	341
6	18.9	154	4.3	349
7	18.1	130	3.0	377
9	23.1	118	7.1	407

註　* 茎数は1列6尺間の数
　　* 水分 / 風乾重×100%

第5表　9月1日の生育状況

Table 5　The state of growth on Sept. 1.

区	草丈(cm)	穂長(cm)	分蘖(本)	穂重(g)	茎重(g)	穂重/茎重×100%
3	72.9	16.8	1.05	2.47	5.91	42
5	84.9	19.1	1.20	3.87	7.45	52
6	79.6	18.1	1.05	3.50	7.12	49
7	78.1	17.6	0.50	2.69	4.67	58
9	101.2	20.2	1.35	4.99	11.09	45

註　穂重，茎重及びその比は6尺間の平均1個体についてとつてある。

第6表　収穫乾燥後の生育調査

Table 6　The result of growth survey after harvesting.

区	稈長(cm)	穂長(cm)	分蘖(本)	親穂重*(g)	分蘖穂重(g)	親1穂完全粒	親1穂不稔粒
3	67.7	15.7	0.5	1.2	0.3	40.0	5.3
5	71.3	15.9	1.2	1.2	1.2	39.2	6.4
6	71.5	15.8	0.7	1.2	0.6	40.0	5.1
7	78.6	16.8	0.4	1.5	0.3	47.4	6.9
9	89.4	18,6	1.5	2.0	1.8	67.6	8.0

註　* 6尺間の平均1個体につき。

第7表　収量調査結果

Table 7　The yield in each plot.

区	反当収量(×10³g) 総重量	茎稈重量	子実重量	総量に対する茎稈の割合(%)	総量に対する子実の割合(%)	1升重量(kg)	1000粒重量(g)
3	384	184	144	48.0	37.5	1.065	27.4
5	575	256	284	44.6	49.5	1.075	29.4

区	反当収量 (×10³g) 総重量	茎稈重量	子実重量	総量に対する茎稈の割合(%)	総量に対する子実の割合(%)	1升重(kg)	1000粒重量(g)
6	500	224	212	44.8	42.4	1.075	28.2
7	498	221	216	44.4	43.4	1.080	28.6
9	746	322	349	43.1	46.7	[illegible]	[illegible]

上表に於て認められることは,

(1)　第2表及び第3表によれば発芽は第5区に於て最も早く，第6及び第7区，第3及び第9区の順であるが，発芽率，草丈は第5区と第6区が最もよく，根長は第6区が特にすぐれている。故に発芽の良好なものからの順位は容易に第5，第6，第7，第3，第9区とすることが出来る。

(2)　第9区の分蘖数が最も多いのに拘らず（第5,6表）6尺間の莖数が甚しく少ないのは（第4表）発芽率の悪かつた（第2表）ことを示すものである。発芽後の生育及び收量が他を圧しているのは（第2表～第7表）みぶよもぎ油粕の効果が現れたと見るべきであり，多量の肥料を要する陸稲に対する肥効[7]の他，地温を高める作用を見逃すことは出来ない（第10表）。従つて生育を論ずる限り第9区の土壌の物理性を他区に比して云々することは出来ない。

(3)　第5区は9月1日の生育調査まで草丈，穂長，莖数，分蘖，穂重，莖重共に大きく收量も最大であるが，第3区は生育，收量共一貫して最も悪い。

(4)　第7区は9月1日の生育調査までは生育が第6区に劣つているが，収穫後の調査では第5区を凌いで最もよく，收量も第6区に優つている。しかし第7区がよい子実を得ているにも拘らず（第7表）收量に於て第5区に及ばないのは分蘖が少ないためである。

(5)　この他注目をひくのは7月11日の調査で第6区の風乾重が特に大きいこと，9月1日の調査で第7区の穂重/莖重が大きいことなどである。

以上のような発芽生育の特質は一様な乾田に於ける整地法の相違のみが直接の原因となつている。故に種々な整地法によつて形成された各区土壌の物理性が，作物の発芽生育に如何なる影響を及ぼすかを詳かにすることは，任意の土壌に於て最も適切な整地法と整地機具を生む所以であろう。

3. 各區土壌の物理性と發芽生育との關係

整地によつて土壌が受ける直接の作用は全く機械的なものであり，土壌構造の変化である。作物にとつて重要な土壌の温度，水分，通気度及び有機物の分解などは上の性質に附随して決定されるものと云えよう。故に機械的な土壌の構造とそれに伴つて現れる土壌の諸性質を測定し，整地機具の作用を調べた。

1. 土壌の状態に關する測定方法

縦90cm，横60cmの枠に直径それぞれ1cm，2cm，3cm，5cm，10cmの円形の網目を持つた5種類の篩を用い，60cm平方×耕深の土壌につき各区2箇所ずつで篩分けを行つた。この場合各網目の篩は3回ずつ振つた。乾田の土壌は硬い大小種々な団粒を残しているが，整地機具の作用の相違はあまり小さな団粒とか硬い団粒とかには現れないので上のような測定方法を採つた。整地機具の特質が及んでいる深さは6～9cmと思われたので，土壌密度を測定するには底面10cm²，長さ5cmのブリキ製採取器を用い，採取は各区数箇所に於て行つた。密度測定後は採取器中の土壌を少しずつ秤量管に移して含水量を測定し，又真比重を求めた。真比重Rと仮比重Aから，

$$P = 100 - \frac{A}{R} \times 100(\%)$$

によつて気孔性Pを計算し，Pから土壌水分を差引いて土壌中の容気量とした。この場合仮比重は乾燥後の密度である。土壌の容水量は別に採取した土壌の底部を水につけ下から飽水せしめて求め，又北農式土壌硬度計によつて各区土壌の硬度を測定した。

以上の測定値は日が経つに従つて変化すると思われるので，整地直後の5月3日と発芽後の6月9～10日にそれぞれ測定を行つたほか，耕作期間を通じて適宜地温，気温，湿度の観測を行つた。地温は曲管寒暖計によつて1cm，5cm，10cmの深さを各区2箇所ずつで測定し，又気温，湿度は支柱に棒状寒暖計を取付けて地上10cmのものを

求めた。又土壌の種々な条件と密接な関係にある土壌面からの蒸発は6月9～10日に測定を行つた。これは採取器で採つた土壌に下から蓋をして蠟付けを行い，採取した跡の穴にはめこんで一定時間の前後に於ける重量を測つて計算した。

2. 測定結果

前後2回にわたつて行つた土壌状態の測定結果によれば，両者間にはあまり変化がみられず，殊に区相互の関係が逆転するようなことは全く無かつたので，簡単のため6月9～10日の測定結果を第8表に示した。含水比と含水比/容水量は密度，含水量，容水量の3より誘導し，気孔性，容気量も各区一様な真比重（2.62）と密度，含水比から誘導したものであるから，第8表の測定結果はすべて同等に取扱つてよい。但し測定日の5月3日と6月9日は共に降雨後4日目に当つているから，含水比，容気量などは比較的乾燥しているときの値と見ることが出来る。

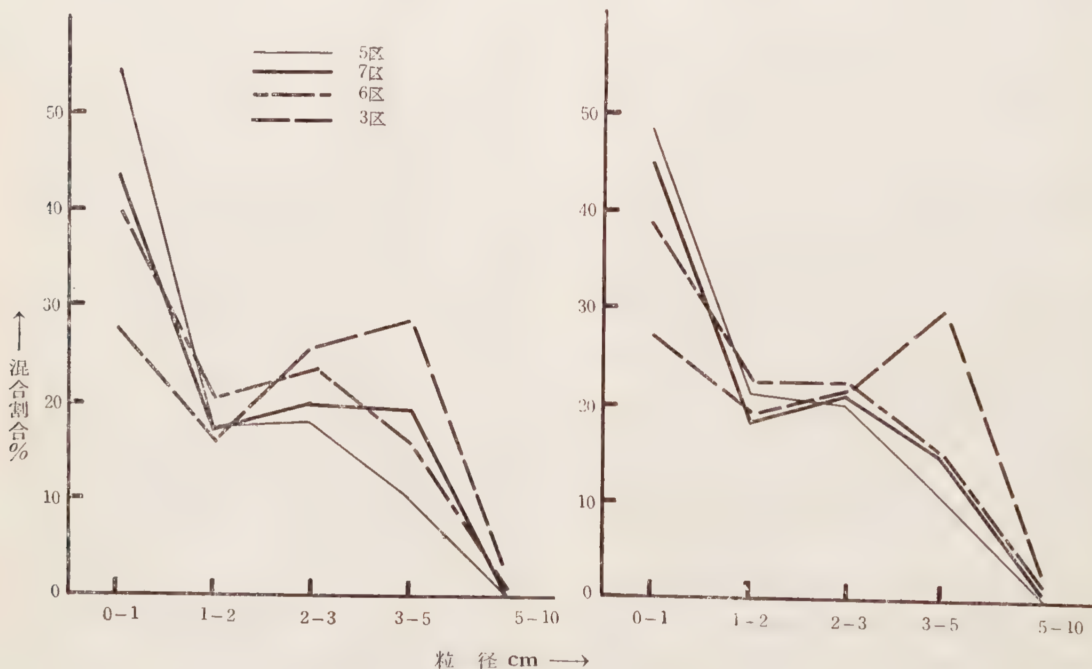
第8表 土壌状態の測定結果

Table 8 Physical properties of soil.

区	密度 g/cc	燥乾密度 g/cc	含水比 %	容水量* %	含水比/容水量×100%	気孔性 %	容気量 %	土壌面よりの蒸発 m/20h
3	1.16	0.86	35	50	70	67	37	1.4
5	1.12	0.83	35	49	71	68	39	1.2
6	1.10	0.82	34	51	67	69	41	1.4
7	1.16	0.85	36	50	72	68	37	1.4
9	1.04	0.74	38	61	62	—	—	0.8

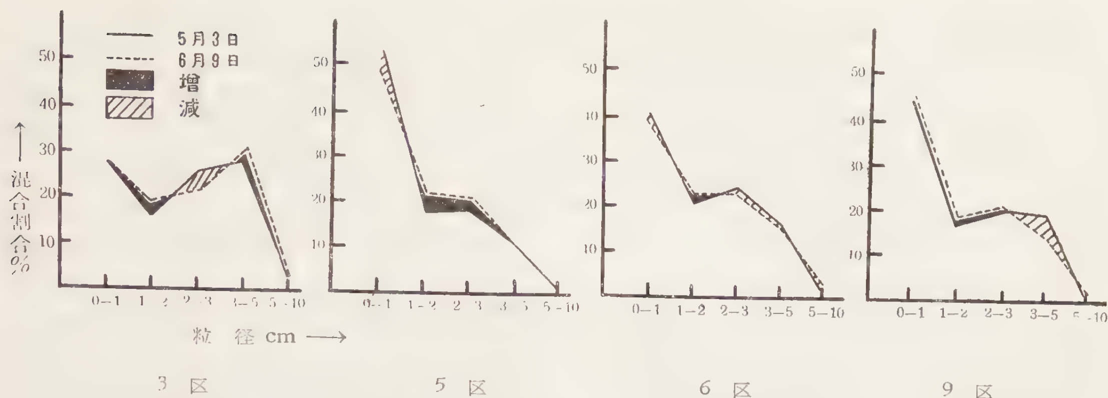
註 * 容水量は飽和状態のときの水分を乾土重で割つたもの。

2回の測定値の間に比較的明らかな変化が認められたのは土壌構造と硬度であり，その模様は第



第1圖 土壌構造

Fig. 1 Soil structure in each plot.



第 2 圖　土壌構造の変化

Fig. 2 The change of soil structure.

第 9 表　土壌構造と土壌硬度

Table 9 Aggregate analysis and hardness of soil.

区 ＼ 粒径 cm / 測定日	0～1		1～2		2～3		3～5		5～10		土壌硬度 cm/50kg	
	5月3日	6月9日	5月3日	6月9日	5月3日	6月9日	5月3日	6月9日	5月3日	6月9日	5月3日	6月9日
3 区	27.7	27.3	15.7	19.0	25.5	21.1	28.2	29.8	2.9	2.8	12.98	16.04
5 区	54.6	48.3	17.3	21.3	17.9	20.1	10.2	10.3	0	0	15.82	20.62
6 区	39.7	38.7	20.2	22.4	23.1	22.4	16.0	15.1	1.0	1.4	13.12	15.00
7 区	43.5	45.0	16.7	18.1	19.9	21.0	19.4	14.8	0.5	1·1	14.44	19.91

9表及び第1図，第2図に示してある。

3. 整地機具の作用と土壌の状態

第1図Aに於ける整地直後5月3日の土壌構造を第1表と比較すれば，整地機具の使用効果が明瞭に認められる。自動耕耘機のみを使用した区に於ては，他の区に比べて細かい土が少なく大きな粒が著しく多いが，反対にプラウをかけた後デスクハローで大きい土塊を砕き，カルチパツカーで少さい土塊の砕土と土壌の鎮圧を行つた第5区に於ては，細かい土が極めて多く，大土塊は他区に於けるよりも少ない。但しここでいう土塊とは第1図に示されている程度のものである。この両区の中間の土壌構造を持ち細土の量も略々似ている第6区と第7区を比較すると，デスクハローを用いてカルチパツカーを用いなかつた第6区は，反対にカルチパツカーを用いてデスクハローを用いなかつた第7区に比し大土塊が少なく小土塊が多くなつている。即ち第6区の細土は小土塊の砕土されたもの，第7区の細土は大土塊の砕土されたものが多いということになる。

しかし7区は日が経つに従つて自然に砕土され，第1図Bに見るように6月9日には第6区よりも大小の土塊が少なく細かい土が多くなつている。このような土壌構造の変化は第2図をみればよくわかる。第5区のように初め細土の多いところは土壌が固まる傾向にあるが，第6区，第7区に於ける直径2cm以上の土塊はむしろ砕ける傾向にある。土壌構造が図のように変化する理由は明らかでないが，乾燥湿潤を繰返すと凝固し，雨水によつて団粒が破壊するという土壌の性質[12]が，図に於けるように各区とも粒径1～2cm位の土粒を増す原因になつているのであろう。従つて長い期間を採れば各区の土壌構造が接近して土壌状態は殆ど各区齊一になり，第8表に示された値も大体一定の関係を保ちつゝ区相互間の差を一層ちゞめて行くことになると思われる。

次に同種土壌の凝集性は粒子の小さいほど大であるが，[12] 第9表の土壌硬度にこれをみることが出来る。細土多く土壌の鎮圧されている第5区は最も硬度大きく，反対に第3区は最も小さい。又第7区は第6区に比しわずかに細土が多く，カルチパツカーで鎮圧された上，更にスプリングカルチベーターとレバーハローで仕上げられているためか第6区よりも硬度が大になつている。

各整地機具が土壌に作用を及ぼした深度は，プラウが 12 cm，自動耕耘機が 9 cmであり，その他のものは必ずしも明瞭ではないが，デスクハロー3 回がけが 9 cm，カルチパツカーが 6 ～ 7 cm，スプリングカルチベーターが 6 cm位であり，レバーハローはごく表面に作用しているにすぎなかつた。

その他土壌の密度，含水比，容水量，気孔性，容気量などについては区相互間にみるべき相違がなかつたが，たゞ，みぶよもぎ搾油粕を多量に混入している第 9 区に於ては土壌が膨軟で容水量が大きく乾燥していることが第 8 表から判かる。

4．環境條件と發芽生育との關係

各区環境条件の相違は第 9 区を除き一次的には土壌の物理性に由来するものであることは明らかであるが，ここでは主要因子として土壌の温度，水分，酸素の供給を考え酸素の供給については便宜上土壌中の容気量をもつて現すことにした。土壌の含水量と空気量は日によつて変化をうけるが，前述のように第 8 表は比較的乾燥しているときの値であり，又区相互の関係を代表的に現していると見てもよい。

（Ⅰ）**水分，容氣量**　一般に発芽は土壌水分が飽和の60％に達すれば可能であり,[4]70～80％位が適当であると云われるが,[13]第8表に見られる通りいずれの区も充分に水分を持ち且つ気孔性も大きい。[12]即ち水分と空気量に於ては各区とも充分であり，従つて区による相違もこの程度では有機物の分解[19]及び発芽生育に相違を来す程ではないであろう。たゞ種子及び根が土壌と接触して水分と栄養を充分吸収し，且つその接触部に水分の補給が容易に行われるべきことを考えるならば,[15]水分容気量の状態が上のような場合に於ては細かい団粒の多い区程作物の発芽生育を助けると考えることが出来る。前述の発芽生育の状態はこれとよく合致している。第 7 区の生育が尻上りによくなり収量に於て第 6 区を凌いでいる原因としては，分蘖が少なくて不足勝ちの養分が集中されたこと，有効分蘖はそれ程少なくないこと，他区より0.5～ 1 cm 位深い覆土になつていることなどが考えられる。[1]又寒地に於ては分蘖数が収量とそれ程密接な関係を持たないと云われている。[18]

（Ⅱ）**温　度**　北海道のような寒冷な地方にあつてしかも他の条件に殆ど相違がみられない場合には，わずかの温度差が作物の生育に大きな影響を及ぼすことになる。[17]第 10 表によれば第 5 区の地温が最も高く，第 3 区が最も低く第 6 区と第 7 区はその間にあつて，これは 1 昼夜の平均に於て

第 10 表　平　均　地　温（C°）

Table 10　Mean soil temperature.

区	5 月23日12時～24日11時			5 月28日 9 時～16時			5 月30日 5 時～31日 4 時			6 月 2 日10時～19時			6 月 9 日16時～10日14時		
	2 cm	5 cm	10cm	1 cm	5 cm	10cm	1 cm	5 cm	10cm	1 cm	5 cm	10cm	1 cm	5 cm	10cm
3	12.2	12.6	12.0	23.2	19.2	15.0	14.1	13.7	12.6	21.7	18.2	15.5	15.8	15.9	15.5
5	13.3	13.5	13.5	24.3	19.3	16.1	14.9	13.7	13.5	22.3	18.5	16.7	16.0	16.2	16.1
6	12.8	13.3	12.5	28.1	18.6	15.2	14.6	13.6	12.9	21.4	18.2	15.6	16.1	16.0	15.5
7	12.5	12.9	12.6	24.2	19.3	15.2	14.9	13.9	13.0	20.9	18.6	15.7	15.9	15.7	15.5
9	14.0	14.0	13.6	23.9	19.7	16.0	15.6	15.0	13.8	23.8	21.8	17.1	17.7	18.1	17.6

第 11 表　最高，最低地温（C°）

Table 11　Maximum and minimum soil temperature.

区	最高地温						最低地温					
	5 月23日12時～24日11時			6 月 9 日16時～10日14時			5 月23日12時～24日11時			6 月 9 日16時～10日14時		
	2 cm	5 cm	10cm	1 cm	5 cm	10 cm	2 cm	5 cm	10 cm	1 cm	5 cm	10 cm
3	23.5	18.2	14.7	20.0	17.0	15.5	7.6	9.5	10.3	8.4	11.6	13.1
5	24.5	19.5	16.5	20.2	17.0	16.0	8.1	10.1	11.3	9.3	12.0	13.7
6	24.3	18.9	14.8	20.2	17.2	15.5	7.8	10.0	10.5	8.9	11.8	13.3
7	24.0	18.6	15.2	20.3	16.9	15.4	7.4	9.6	10.7	8.5	11.5	13.3
9	25.2	19.9	16.0	22.1	19.0	17.3	9.0	11.0	11.8	9.5	13.4	15.2

第 12 表　土壌の熱伝導度(×C cal/cm² sec)
Table 12　Heat conductivity of soil from the surface to 10 cm depth.

区	5月23日～24日	6月9日～10日
3	0.00141	0.00118
5	0.00177	0.00121
6	0.00129	0.00109
7	0.00136	0.00099
9	0.00127	0.00091

註　地表から10 cmまでの伝導度
各区は密度比熱が等しいから，温度伝導度に一定の常数（C）を乗じて熱伝導度とした。

も日中の平均に於ても同様である。殊に測定誤差が多く，わずかの気象条件により敏感に変化する地表附近の温度を除けばこの傾向は明瞭であり，第11表の最高,最低地温も同様の結果を示している。しかし整地後時間の経過にともない土壌構造に差が少なくなるに従つて各区間の地温差が少なくなることは,第10表中1昼夜の平均を求めてある3日を比較すれば推察することが出来る。この3日は後の日ほど天気がよかつたから，条件が変らなければ後の日ほど温度差が大きく出てもよい筈であつた。故に我々は適切な整地法の効果を，土壌構造に於ける相違の比較的大きい生育の初期殊に発芽に対して最も期待出来ることになろう。この時期に於ては，土壌の物理性の相違が化学性に及ぼす影響を考慮しなくともよいと思われる。

第9区はみぶよもぎ搾油粕の混入により土壌の密度，含水量が小さく，従つて比熱も小さい上に土壌面からの蒸発が少ない（第8表）ので他区に比し著しく高温であつた。第9区の生育収量がすぐれているのはこの肥効と高温のためであろう。しかし第3区と同じ整地法で砕土不良だつたこと，水分と容気量が少なかつたこと（第8表），醗酵性肥料の害が現れたらしいことなどのために発芽は最も悪かつた。他の4区に於ては密度比熱に大差なく，第5区の土壌面蒸発量がわずかに少ないのみであつた。故にこの4区間の地温差は土壌構造と地表状態の相違に由来するものであるといえる。

（Ⅲ）　土壌中の熱　土壌温度を左右するものは日射吸収量，地中への熱伝達及び地面から輻射，対流，蒸発で失われる熱量であり，これら熱の移動転移を左右するものは土壌の種々な物理性であるが，これらは相互に複雑な関係をもつている。第12表には第11表の値を，

$$K=\left(\frac{y_2-y_1}{\log a_1-\log a_2}\right)^2 \log^2 e\times\frac{\pi}{\tau}$$

なる式に入れて求めた各区土壌の熱伝導度を示したが，伝導のよい順位は第5区，第3区，第6区第7区，第9区で地温及び土壌構造とは殆ど一定の関係が見られなかつた。但しa_1，a_2は深さy_1, y_2に於ける温度変化の振幅であり，τはその週期である。土壌の熱伝導度はある限度まで水分が増加し又密度が増せば大きくなるから，この点では地温と逆の関係にあるが，内部に蓄えられた熱が地表へ供給する分などを考えると決して簡単ではない。自然状態に於ける土壌の構造と熱交換の関係は未だ明らかにされていないが，今回の試験に於てはよく砕土鎮圧された区ほど地温も高く，他の条件と共に植物に好影響を与える結果となつた。しかしこの点に関してはもつと精密で綜合的な測定が継続されなければならないであろう。

4. 要　　約

一様な乾田中に整地法を異にする5区を設け，土壌の物理性と陸稲の発芽生育状況を調べた。

各区は用いた整地機具の特性に応じて土壌構造を異にし，そのため凝集性も異つたが，密度，含水量，気孔性，容水量などにはあまり相違がみられなかつた。しかし細かい土粒が多くて大きな土塊の少ない区程発芽生育がよかつたのは，このような区の地温が高かつたことゝ，土粒相互間及び土壌と種子，根の間の接触がよく水分，養分などの補給吸収がよかつたためと思われる。

土壌構造は時が経つに従つて各区間の差が少なくなり，そのため土壌温度に於ける差も次第に少なくなつた。故に適切な整地法による効果は主に生育の初期殊に発芽に対して期待出来ることがわかつた。

自然状態に於ける土壌の構造，物理性，熱交換などの関係は未だ明らかでないが，乾田に於て行つた今回の整地法ではよく砕土鎮圧された区程条件がよかつた。

終りに臨み種々有益な助言を与えられた農業物理部長横山偉和夫技官，農機具研究室長鳥山正雄技官及び測定

と整理に協力された品田義郎氏に厚く感謝の意を表する。

参考文献

(1) 常松　栄・高橋俊行, 1940: 覆土の深浅と発芽及び生育との関係. 札幌農林学会報, 第 154 号.

(2) 白石代吉, 1937: 陸稲栽培の実際.

(3) AYERS, A. D., 1952: Seed germination as affected by soil moisture and salinity. Agro. Jour., Vol. 44, No. 2.

(4) 近藤萬太郎, 1942: 種子の発芽生理一班. 農学研究, 第 11 巻.

(5) 井上重陽, 1942: 陸稲の特性に関する研究. 作物学論集.

(6) HUNTER, J. R. and A. E. ERICKSON, 1952: Relation of seed germination to soil moisture. Tension. Agro. Jour., Vol. 44, No.3

(7) 久保田喜代太郎, 1933: 陸稲の作り方.

(8) 香月喜六, 1921: 日本食糧作物大全.

(9) 原島重彦, 1938: 低温に於ける種子の発芽現象に就き水稲及び陸稲の比較. 日. 作. 紀., 第 9 巻, 第 3 号.

(10) 吉川祐輝, 1933: 食用作物各論.

(11) 永井威三郎, 1926: 日本稲作講義.

(12) 大杉　繁, 1932: 一般土壌学.

(13) 吉岡金市, 1940: 水稲栽培に関する研究.

(14) 松尾大五郎, 1950: 稲作　I.

(15) 戸苅義次編, 1950: 稲作新説.

(16) LUTZ, H. J., and R. F. CHANDLER, Jr., 1946: Forets Soils.

(17) 東条健二, 1935: 稲苗成長に対する土壌温度の影響の研究. 作物学論集.

(18) 川上桂作, 1919: 水陸稲多収法.

(19) HAGIN, J., 1952: Influence of Soil Aggregation on Plant Growth. Soil Science, Vol. 74, No. 6.

Résumé

Relation of emergence and growth of upland rice to physical properties of soil was investigated in each of several plots made in a dry rice-field by using different tillage implements and machinery.

Those plots had their respective soil structures and therefore differed from one another in soil cohesion but they were only slightly different in soil density, soil moisture content, water capacity and porosity.

In a plot of fine aggregates, soil temperature was higher than in a coarse plot and it seems that seeds and roots were in good contact with soil which supplied water and nourishment.

In fact it was recognized that the finer plot was offered better conditions for emergence and growth of the plant.

The state of soil aggregates in every plot had a tendency gradually to become similar as the days went by and therefore the same held as to other properties of soil, e.g., soil temperature. Thus the effect of suitable tilling may be expected in the emergence and initial stage of growth.

北海道に於ける重粘性土壌の研究

第1報　小向重粘土の二三の理學的性質及び化學的組成

森　　哲　　郎*

STUDIES ON THE HEAVY CLAY SOILS IN HOKKAIDO PART 1. SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE HEAVY CLAY SOIL AT KOMUKAI, PROVINCE OF KITAMI

By Tetsuro Mori

緒　　言

北海道に於て網走，宗谷，留萠，後志，檜山及び日高支庁管内の海岸部，天北原野，名寄，士別塩狩を結ぶ丘陵地，石狩川両岸の丘陵地の第三紀層及び洪積層には重粘性土壌が広く分布している（第1図)。この種土壌は重粘性極めて強く気水の透通が著しく阻害されるため排水不良となつており，加うるに酸性は強烈である。この面積は全道農牧適地330万町歩のうち52万町歩に及んでおり，既耕地は全道耕地の約17％，14万町歩を占めている。[1)]

かゝる重粘性土壌の分布及び性質の概観的調査は既に「北海道農業試験場土性調査報告第一編」に報告されており，且つその改良法等に就ても瀬尾,[1)2)] 千葉,[3)4)5)] 深井,[6)] 藤森[7)] 等によつて屡々報告されているが，純土壌学的見地よりその理化学的性質に就て研究されたものは現在まで殆どない。たゞ僅かに三宅・田町,[8)9)10)11)12)13)14)] 石塚・佐々木[15)16)17)18)] 等の報告の一部に重粘性土壌に属するものの理化学的性状に関する記載が散見されているにすぎないのである。

よつて筆者はこの重粘性土壌の理化学的性質を土壌学的に究明し，重粘強酸性の原因を明らかにし，将来重粘土地帯の合理的営農，特に土地改良方策の基礎的資料たらしめようとして研究に着手した。

*　農芸化学部土壌第2研究室

供試材料及び土層斷面

重粘性土壌研究の一環として先ず洪積層重粘性土壌に属する紋別郡紋別町字小向にある北海道農業試験場重粘地研究室圃場内の未耕地土壌について実験を行つた。

同研究室は北緯44°16′56″，東経143°27′，標高12 m の地点，オホーツク海岸から1 km の所に設置されており，この附近一帯の気温は冬季極端に低温とはならないが，他の地に較べてかなり低く，又8月に比較的高温になるが年間を通じ概して冷涼である。日照時間及び降水量が少なく，特に冬季及び春季の降水量は他の地方に比して著しく少ない。主な気象状況は第1表の通りである。

この地帯は緩い波状段丘をなしていて，海成洪積層に属し，北海道農業試験場に於ける土性調査ではこの地帯を下湧別村，上湧別村を含めて沼の上統に属せしめている。[2)19)] 土壌母材としての岩石，鉱物は大部分の粒子が極めて微粒であり，その構成鉱物を明らかにすることは困難であるが，主要なものは石英粗面岩で，砂岩，頁岩を少しく混じているようである。地下水は地表下15～25 m 位にあり，融雪時は50～70 cm の個所に停滞水を生ずる。

供試土壌採取地附近の植物相は第2表の如くで，樹木が50 m² 中に約1500本位生育している疎林地である。



第 1 圖　北海道に於ける重粘性土壌分布図
Fig. 1　Map of heavy clay soils in Hokkaido.

第 1 表　小向の気候
Table 1　Climate at Komukai.

	10時気温 (C°)	最高温度 (C°)	最低温度 (C°)	降水量 (mm)	日照時数 (時)	地温 (C°)**		
						10 cm	20 cm	30 cm
年平均又は合計	8.18	11.20	2.03	691.4*	1443.1	6.41	6.91	6.95
農耕期間 (5～9 月)	17.06	20.76	10.62	429.8	770.3	14.52	14.27	13.80

融雪期　4 月 13 日	晩霜　5 月 12 日	初霜　10 月 16 日	根雪期　11 月 30 日
降雪終　4 月 27 日	耕鋤始　4 月 23 日	降雪始　11 月 4 日	

註　昭和 20～26 年　7 箇年平均，但し * 昭和 25～26 年　2 箇年平均，** 昭和 24～26 年　3 箇年平均を示す。

第 2 表 小向の植物景観

Table 2 Vegetative phase at Komukai.

樹木又は草名	全樹林(草)の分布百分率(%)	樹高又は草丈(m)	樹木直径(cm)
シラカバ	40	4 ～4.5	3～10
ナラ	30	2.5～3	11
ハンノキ	15	3 ～3.5	2～13
ヤナギ	5	2 ～2.5	2～8
その他	10	(タモ，サビタ，ブドウ，コクワ，タランボ)	
ササ	80	1.4	—
その他	20	(ナイエフシヨウマ，イワノガリヤス，ヒラギシスゲ，アキカラマツ，エゾカンゾウ，ススキ，フキ，ヤマイチゴ，ワラビ，ヨモギ，オニシモツケ，ツリガネニンジン，ヨブスマソウ等	

註 10年前1度全部伐木した跡に自然に生育したものを示す。

第 3 表 土層断面

Table 3 Soil profile.

層名		層厚	土色	土性	粗密度	構造	通気通水性
Ⅰ	A_0	3 cm	黒色	腐埴土	甚粗	粉状構造	良
Ⅱ	A_1	11 cm	黒褐色	腐植に頗る富む埴土	中	粉状構造	良
Ⅲ	A_2	9 cm	灰色	腐植に富む埴土	密	粉塊状構造	不良
Ⅳ	B_1	10 cm	淡褐黄色	腐植を含む埴土	甚密	角柱構造	甚不良
Ⅴ	B_2	16 cm	青灰色(黄褐色斑点を含む)	埴土	甚密	角柱構造	甚不良
Ⅵa Ⅵb	C_1	24 cm	青灰色(紫褐色斑点を含む)	埴土	甚密	角柱構造	甚不良
Ⅶ	C_2		灰黄青色	埴土	甚堅密	単粒構造	甚不良

植物根は大部分が第Ⅱ層までにとゞまり，極く僅かのものが土層の構造間隙を通つて第Ⅲ層に至り，更にその一部は 70 cm の深さに達しているものもある。

供試土壌採取地に於ける土層断面は第3表に示す如くである。第Ⅳ層が淡褐黄色を呈しているのはこの層の鉄含量が他層に比し稍々多いことを示している。土壌の構造を見ると表層は粉状又は粉塊状で，下層は角柱構造を示し，第Ⅶ層に至つて単粒構造をなしている。第Ⅰ，Ⅱ層は多量の腐植を含み，粘着性も弱い。これに対して，第Ⅳ，Ⅴ，Ⅵ層は粘着性極めて強く，第Ⅲ，Ⅶ層はこれらに次いで強い粘着性を示している。なお本土層断面は夏季乾燥時のもので，春季融雪時には角柱構造は認め難い。これは八甲田山土壌の心土と様相を一にするもので，[20] Ⅳ層以下の土壌水分含量は季節により著しく相違するもので水分の上昇下降は時期的に変化するものと考えられる。

供試土壌の機械的組成

各層土壌に就て A・S・K 法及びピペツト法によつて機械分析を行つた。その結果は第4表に示

す通りである。

原土中に粒径2 mm 以上の礫は殆ど見受けられなかつた。何れの層も粘土分に富み，特に第Ⅲ層以下は 0.01 mm 以下の粘土が 80 %以上を占めている。第Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ層と漸移的に粘土含量が増加し，第Ⅵa 層最も多く，第Ⅵb，Ⅶ層と再び減少している。

第4表　機械分析結果

Table 4 Results of mechanical analysis (% in air-dry soil).

粒　径　(mm)		第Ⅱ層	第Ⅲ層	第Ⅳ層	第Ⅴ層	第Ⅵa層	第Ⅵb層	第Ⅶ層
2.00～0.25	(粗砂)	1.33	1.07	0.31	0.31	0.16	0.32	0.45
0.25～0.05	(細砂)	19.51	3.60	3.23	5.11	2.68	4.12	8.25
0.05～0.01	(微砂)	27.94	17.27	3.60	8.10	4.66	6.64	11.07
0.01>	(粘土)	51.21	78.06	87.81	86.49	92.50	88.93	80.23
	(砂分)	48.79	21.94	12.19	13.51	7.50	11.07	19.77
0.002>		14.90	33.80	54.40	54.30	66.10	42.50	32.70

理學的性質

風乾土に就いての理学的性質は第5表の如くである。

この結果によると容積比重は第Ⅱ層から下層に至るに従い漸次増大する傾向を示し，特に第Ⅳ層以下の層は粗の状態では 0.9 以上，密の状態では 1.0 以上である。真比重は第Ⅳ層最も大きく，上下層に順次減少しており，第Ⅳ層以下の下層土は 2.65 を超えている。叉水中の容積は第Ⅱ層は大であるが第Ⅲ層以下は 160 cm³ 以下である。この結

第5表　理学的性質

Table 5 Plysical properties.

層	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵa	Ⅵb	Ⅶ
水分 %	4.595	3.637	4.907	5.708	6.398	6.061	4.927
比重	2.264	2.534	2.672	2.659	2.652	2.651	2.641
容積比重 (粗)	0.476	0.780	0.922	0.918	0.951	0.958	0.957
〃 (密)	0.539	0.956	1.077	1.102	1.142	1.153	1.149
100 cc 重量 (粗) g	49.9	80.9	97.0	97.4	101.6	102.0	100.7
〃 (密) g	56.5	99.2	113.3	116.9	122.0	122.7	120.9
100 g の土壌水中に沈定せし容積 cm³	200.0	155.0	155.0	160.0	160.0	155.0	147.5
水中にて 100 cc を充塡せし土壌重量 g	50.0	64.5	64.5	62.5	62.5	64.5	67.8
土壌の実積 (粗) %	21.02	30.77	34.53	34.54	35.87	36.15	36.25
〃 (密) %	23.81	37.73	40.33	41.46	43.07	43.49	43.52
孔隙量 (粗) %	78.98	69.23	65.47	65.46	64.13	63.85	63.75
〃 (密) %	76.19	62.27	59.67	58.54	56.93	56.51	56.48
容水量 (重量) (粗) %	137.60	59.28	57.38	57.90	55.17	52.49	49.07
〃 (密) %	123.99	55.17	49.91	52.11	48.85	46.15	42.36
容水量 (容量) (粗) %	65.51	46.22	52.93	53.18	52.46	50.29	46.98
〃 (密) %	66.83	52.74	53.78	57.45	55.78	53.19	48.69
最大容気量 (粗) %	74.38	65.59	60.57	59.75	57.74	57.79	58.82
〃 (密) %	71.60	58.63	54.77	52.84	50.53	50.45	51.55
最小容気量 (粗) %	13.47	23.01	12.55	12.28	11.67	13.56	16.77
〃 (密) %	9.37	9.54	5.90	1.10	1.15	3.33	7.79
10 cm の高さに水を吸昇せし時間 (粗) 分	24	186	195	124	158	120	163
〃 (密) 分	30	283	375	335	394	250	390

果を綜合して見るに，小向土壌の下層土は表土に対し単位体積当りの重量が著しく大なる土壌であることが認められる。

実積（容積）は下層程大で，第Ⅳ層以下は粗の状態で34%，密の状態で40%を超え，第Ⅱ，Ⅲ層に比して著しく大である。従つて孔隙量は下層土に於て著しく小となり緊密な土壌を形成している。

容水量は重量%に於ては第Ⅱ層が著しく大で，以下の層は下層程漸減している。又容量%に於ては第Ⅱ層は粗の状態で65.51%，密の状態で66.83%を示して最も高く，第Ⅲ層以下では第Ⅴ層を中心として上下層に順次小となつているが，何れも60%以下の著しく低い値を示している。最大容気量も下層程少ない。このことは下層土の微粒粘土含量が著しく高いため孔隙量の減少を来しこれによつて容水量，容気量も低い値を示すに至つたものと考える。水の吸昇時間も第Ⅱ層は粗の状態で24分，密の状態で30分であるが，第Ⅲ層以下は粗で120分，密で250分以上を要し，水に対する毛管上昇が極めて緩慢であることを示している。塩入の説[21]に従えば実際にかゝる土壌進展過程の浅い洪積層土壌の心土は砂粒間をゲル状粘土が充塡していて，毛管水，重力水等の如き形態の水が存在する余地は少ないものと思われる。

次に高さ10 cm，底面100 cm²，内容1000 cm³の厚板ブリキ製円筒を各土層毎に挿入して土壌を採取し，1000 cm³当りの原土重量を測定し，更に反当土壌重量を計算した。

この結果によれば下層になる程重くなり，特に第Ⅲ層以下の重量の増加は著しくなつている。この原土1000 cm³中の乾土重量と従来行われている風乾土100 c.c.重量から算出する1反歩当りの土壌重量を計算比較すると，第Ⅲ層以下では両者間に3,000貫から10,000貫の差を生じた。

原土に就て北農式硬度測定器[1]で緊硬度を測定した結果，第Ⅱ層21.51，第Ⅲ層24.12，第Ⅳ層40.88で，下層土は著しく緊密状態にあることを示している。

第6表　土壌の重量

Table 6　Weight of soil.

層			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵa	Ⅵb	Ⅶ
原土1000 cm³重量（g）			400.0	903.0	1547.0	1774.0	1779.5	1762.5	1829.5	1918.5
水分 %			64.26	48.74	28.73	26.98	27.51	25.42	23.75	19.07
原土1000 cm³中乾土重量（g）			143.0	462.9	1102.5	1295.4	1290.0	1314.5	1395.0	1552.6
深さ10 cm 1反歩の土壌重量（貫）	原土		12694	28657	49094	56298	56472	55933	58059	60884
	乾土		4537	14690	34989	41110	40935	41717	44272	49274
	風乾土100 cc重量より算出	粗	—	15836	25674	30783	30910	32243	32370	31957
		密	—	17930	31481	35956	37098	38717	38939	38368

化學的組成

次に各層別に化学的組成を測定した結果は第7，第8，第9表の如くである。なお，炭素含量は湿式酸化分解法によつて求め，これより腐植含量を算出し，又窒素含量はKjeldahl法に従つて求めた。各無機成分は熔融法による完全分析で定量し，更に窒素及び燐酸の吸収力は2.5%燐酸アンモン溶液を用いて検定した。

この結果によれば腐植，窒素共に上層より下層へ漸進的に減少し，明白な腐植の集積層は認められない。第Ⅱ層は腐植15.926%，窒素0.492%を示すが，第Ⅳ層以下の層は何れも2%，0.14%以下となつている。又炭素率をとつてみると第Ⅱ層，第Ⅲ層は各々17.67，16.76で著しく高い値を示している。第Ⅱ層に少量の無機態CO_2を検出しているが植物根及び海の影響とも思われる。

無機成分中最も多いのは珪酸で65%以上を占めている。これに次いで多いのは礬土で，この2者に鉄を加えたものは全無機成分量に対し第Ⅱ層で91%，第Ⅲ層以下で95%に及んでいる。珪酸は第Ⅲ層最も多く，下層に至るに従い漸減し，第Ⅵ層から再び増加している。礬土含量は下層に行

第 7 表 土壌の N, C, 腐植含量（乾土百分中）

Table 7 Nitrogen, carbon and humus contents of soils (% in dry matter).

層	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵa	Ⅵb	Ⅶ
腐植 (%)	15.926	4.246	2.280	1.701	0.843	0.581	0.380
炭素 (%)	8.695	2.318	1.245	0.929	0.460	0.317	0.208
窒素 (%)	0.492	0.138	0.121	0.109	0.077	0.051	0.020
無機炭酸 (%)	0.029	—	—	—	—	—	—
C/N 比	17.67	16.76	10.27	8.49	5.96	6.17	10.37
灼熱損失分 (%)	16.315	7.125	7.981	7.681	7.820	6.730	5.132
(+) 水分 (%)	0.374	2.879	5.701	5.980	6.977	6.149	4.752

第 8 表 土壌の無機成分（無機物百分中）

Table 8 Inorganic components of soils (% in inorganic matter).

層	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵa	Ⅵb	Ⅶ
SiO_2	72.818	75.195	66.631	65.781	64.705	66.623	68.512
Al_2O_3	13.440	14.379	22.354	23.772	26.445	24.862	21.031
Fe_2O_3	4.474	4.984	6.978	6.150	5.236	4.405	4.691
TiO_2	0.686	0.763	0.764	0.608	0.672	0.573	0.553
Mn_2O_3	0.149	0.031	0.020	0.016	0.013	0.014	0.022
CaO	3.592	1.618	1.586	1.628	1.897	1.938	2.359
MgO	1.398	1.416	1.516	1.410	1.340	1.313	1.448
SO_3	1.085	0.814	0.813	0.581	0.626	0.638	0.731
P_2O_5	0.496	0.127	0.064	0.073	0.043	0.058	0.084
Na_2O	0.787	0.356	0.127	0.135	0.027	0.109	0.466
K_2O	0.410	0.460	0.485	0.471	0.447	0.486	0.541
SiO_2/Al_2O_3	9.19	8.97	5.06	4.70	4.15	4.55	5.53
SiO_2/R_2O_3	7.56	7.30	4.20	4.01	3.67	4.07	4.82
Fe_2O_3/Al_2O_3	0.21	0.22	0.20	0.17	0.13	0.11	0.14
$Base/Al_2O_3$	0.88	0.53	0.33	0.31	0.28	0.30	0.44

第 9 表 窒素及び燐酸に対する吸収力

Table 9 Absorption coefficient for nitrogen and phosphorus.

層	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵa	Ⅵb	Ⅶ
窒素に対する吸収力	341	304	389	404	436	412	341
燐酸に対する吸収力	838	787	864	918	860	809	637

くに従つて多くなり，第Ⅵ層を境として減じ，珪酸と反対の傾向を示している。且つ第Ⅳ層以下の下層土は著しく大なる含量を示している。鉄は第Ⅳ層に最も多く，上下層に漸減している。SiO_2/Al_2O_3 或は SiO_2/R_2O_3 をとつてみると，上層より下層に行く程少なくなり，第Ⅵ層以下で再び増加している。最も低い第Ⅵa 層で 4.15, 3.67 を示し，第Ⅱ，Ⅲ層は SiO_2/Al_2O_3 9.19, 8.97 と著しく大なる値を示している。

満俺は第Ⅱ層は 0.149 % を示すが，第Ⅲ層以下は 0.031 % 以下痕跡に近く，又その他の無機成分特に燐酸及び各塩基含量に於ても下層土に於て著しく低い。

土壌の灼熱損失分から腐植分を差引いたものを以て一応土壌の結合水と見なした結果は，第Ⅱ，第Ⅲ層は 0.374 %, 0.289 %であるが，第Ⅳ層以下

は5％以上を示して著しく高く，且つ第Ⅵa層を境として上下層に順次少なくなつて粘土含量と同様の傾向を示し，土壌の colloid の性質をある程度反映しているものと推察せしめるが，この問題に就てはなお次の機会に報告する予定である。

窒素及び燐酸に対する吸収力検定では，窒素に就ては第Ⅵ層が436で最も大であり，燐酸は第Ⅴ層が918で最大を示し，第Ⅱ層が341，838を示す他は上下層に漸次低くなつている。

次に土壌の酸度を測定した結果は第9表に示す如くである。pH はキンヒドロン法により，置換酸度は大工原氏法，加水酸度は醋酸石灰法を用い，両者とも5回の滴定によつて酸度を算出した。

第10表 土壌の酸度

Table 10 pH values, exchange and hydrolytic acidity of soils.

層	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵa	Ⅵb	Ⅶ
PH	5.05	5.00	4.79	4.95	4.89	4.94	4.74
置換酸度	11.9	66.9	100.7	105.9	101.1	84.7	53.2
加水酸度	156.8	118.0	124.4	122.2	113.0	95.5	66.1

この結果によると pH は第Ⅳ層，Ⅶ層が低く，置換酸度は第Ⅴ層最も高く，上下層に順次低くなつている。又加水酸度は第Ⅱ層最も大で，以下の層は第Ⅳ層を頂点として上下層に漸次低くなつている。下層土に於ける置換酸度及び全層の加水酸度が著しく高いことは置換塩基が少なく，未飽和度の高い土壌であることを予測せしめるが，この点に就ては次の機会に改めて検討したい。

総 括

北海道に於ける重粘性土壌研究の一環として，紋別町小向の重粘性土壌に就て各層別に二，三の理化学的性質を測定した。その結果から小向重粘性土壌の特徴を要約すると，

1. いずれの層も粘土分に富み，粒径 0.01 mm 以下の粘土は第Ⅱ層 51.21％，第Ⅲ層 78.06％，第Ⅳ層以下は 80％を超えている。

2. 理学的性質の測定結果では比重が大である。即ち風乾土の真比重は第Ⅱ層 2.264，第Ⅲ層 2.534 であるが，第Ⅳ層以下は 2.65 より大であり，容積比重に於ても第Ⅱ層 0.539，第Ⅲ層 0.956 であるが，第Ⅳ層以下は 1.0 より大である。このことは原土の儘の状態に於て測定した場合も同様のことが認められ，1,000 cm³ 重量に於て第Ⅱ層 903 g，第Ⅲ層 1547 g であるが，第Ⅳ層以下は 1770 g を超えている。

3. 化学的成分に就ては，無機成分中珪酸が 65％以上を占めて最も多く，礬土，鉄がこれに次いで多く含まれ，この三者の合計が第Ⅱ層で 91％，第Ⅲ層以下で 95％に及んでいる。更に珪礬比或いは珪酸と二，三酸化物の分子比をとつてみると第Ⅱ層は 9.19，7.56，第Ⅲ層は 8.97，7.30 で著しく高く，第Ⅳ層以下の下層土も 4.1，3.6 以上の値を示している。

4. 酸性，特に置換酸度，加水酸度の著しく大なる土壌である。

本実験を行うにあたり懇切なる御指導を賜つた当場農芸化学部長西潟高一技官，北大教授石塚喜明博士，同助教授佐々木清一氏並びに重粘地研究室に於て種々御協力を得た千葉登技師，深井強技官に対し深甚の謝意を表する。

参考文献

(1) 北海道土木部土地改良課・北海道農業試験場 (1942)：土地改良に関する試験及び調査成績.

(2) 瀬尾春雄 (1951)：北海道農業試験場土性調査報告，第一編.

(3) 千葉 登 (1947)：北海道農業試験場紋別重粘地試験地試験及び調査資料，第16号.

(4) 千葉 登 (1951)：北海道農業試験場紋別重粘地試験地試験及び調査資料，第21号.

(5) 千葉 登 (1950)：重粘地に於ける農業の一考察.

(6) 深井 強 (1934)：重粘地の心土改良，北農，第1巻，77—79.

(7) 藤森信四郎 (1937)：天塩地方重粘土地帯に於ける心土改良の効果，北農，第4巻，301—302.

(8) 三宅康次・田町以信男 (1927)：北海道に於ける所謂礦質酸性土壌の性状及び成因に就て（第1報），日本土．肥．雑.，第1巻，2号，1—48.

(9) 三宅康次・田町以信男 (1928)：北海道に於ける所謂礦質酸性土壤の性状及び成因に就て (第2報)，札幌農林学会報，第87号，285—408.

(10) 三宅康次・田町以信男・富樫吉郎 (1930)：北海道に於ける所謂礦質酸性土壤の性状及び成因に就て (第3報)，日本土．肥．雑．，第4卷，3号，1—35.

(11) 三宅康次・田町以信男・富樫吉郎 (1930)：北海道に於ける所謂礦質酸性土壤の性状及び成因に就て (第3報承前)，日本土．肥．雑．，第4卷，4号，1—19.

(12) 三宅康次・田町以信男・森下波水 (1935)：北日本に於ける土壤の生成過程——気候的土壤型 (第1報)，日本土．肥．雑．，第8卷，353—379.

(13) 三宅康次・田町以信男 (1935)：気候的土壤型より見たる本邦北部の土壤，日本学術協会報告，第9卷，681—687.

(14) 三宅康次・田町以信男 (1935)：北日本の土壤型，熱帯農学誌，第6卷，270—281.

(15) 石塚喜明・佐々木清一 (1950)：北海道に於ける土壤の風化過程に就て (予報)，土壤の気候よりみたる土壤型の推察，日本土．肥．雑．，第20卷，111—117.

(16) 石塚喜明・佐々木清一 (1951)：北海道に於ける土壤の風化過程に就て (第1報)，北海道北部の土壤の風化過程に就て (其1)，日本土．肥．雑．，第21卷，29—36.

(17) 石塚喜明・佐々木清一 (1952)：北海道に於ける土壤の風化過程に就て (第2報)，北海道北部の土壤の風化過程に就て (其2)，日本土．肥．雑．，第22卷，107—113.

(18) 石塚喜明・佐々木清一 (1952)：北海道に於ける土壤の風化過程に就て (第3報)，母材の相違が土壤の風化型に及ぼす影響に就て，日本土．肥．雑．，第23卷，17—22.

(19) 永宮　宏 (1942)：北見国紋別郡の土壤統，北農，第9卷，3号，89—108.

(20) 塩入松三郎 (1939)：奥羽地方の二三火山性亜高山の山地森林土壤に就て，日本学術協会報告，第13卷，255—259.

(21) 塩入松三郎 (1952)：老朽化水田の性格とその意義，土壤肥料新説，61—78.

Résumé

As one of the author's investigations on the heavy clay soils in Hokkaido, in this paper, some physical and chemical properties of the heavy clay soil at Komukai, Province of Kitami, are described, the results summarizing as follows:

1. In the results of mechanical analysis, clay content of each horizon was very great. That is, clay (<0.01 m.m. diam.) in the 2nd horizon was 51.21 %, in the 3rd horizon was 78.06 % and below the 4th horizon the content was over 80 %.

2. Specific gravity of Komukai soil showed high value. True specific gravity of air-dry soil in the 2nd horizon was 2.264 and in the 3rd horizon was 2.534, but in subsoils below the 4th horizon it was higher than 2.65. Apparent specific gravity in the 2nd horizon was 0.539 and in the 3rd horizon 0.956, but in subsoils below the 4th horizon it was higher than 1.0. The same trend was recognized in the original soils. Namely, the weight of 1000 cm^3 in the 2nd horizon was 903 g. and in the 3rd horizon 1547 g., but in subsoils below the 4th horizon weight was more than 1770 g.

3. Silica content showed the most in the inorganic matter of Komukai soil, i.e. it was more than 65 %. Next were alumina and iron. Sum of SiO_2, Al_2O_3 and Fe_2O_3 in the 2nd horizon was 91 % and in soils below the 3rd horizon amounted to 95 %. Silica-alumina and silica-sesquioxide ratios showed 9.19 and 7.56 in the 2nd horizon and 8.97 and 7.30 in the 3rd horizon respectively ; those were very higher values. Each horizon below the 4th horizon showed more than 4.1 and 3.6.

4. Acidity, especially exchange and hydrolytic acidity of the soils, was very strong.

早春強雨による土壌侵蝕の被害

西　潟　高　一*　飯　田　次　男**　藤　原　俊　英**

SEVERE EROSION BY AN EARLY SPRING INTENSE RAINFALL

By Takaichi NISHIKATA, Tugio IIDA
and Syun-ei FUJIWARA

緒　　言

土壌侵蝕防止に植生による土壌表面の被覆保護作用の有効なことは既に多数の報告がなされており,[6)7)8) その他] 作物の生育繁茂期間はかなり激しい降雨に対しても，等高線栽培或いは等高線帯状耕作によつて土壌の流亡を有効に防止して土壌侵蝕の危険を減少することが出来るものである。然るに土壌表面が全面的に裸出して侵蝕に対する抵抗性の最も少ない期間，即ち春季耕耘，播種直後から稚苗期に至る間及び秋季作物収穫後には作物による保護作用は著るしく減少しているため，この時期に激しい降雨が襲来すれば土壌の流亡は著しく大となり，時とすると傾斜地帯農業経営に脅威的災害を与える場合が起つて来るものである。偶々昭和27年5月27～29日の間に北海道各地に豪雨が襲来したが，土地状態は前述の如く最も抵抗性の少ない脆弱な状態を呈していたため，この雨に襲われた地帯では耕土及び発芽直後の農作物の流亡は意外に甚だしく近年稀有の災害を被り，その損害は莫大な価格を示している。この降雨による被害の一例として上川支庁富良野地方の実情については著者の一人が先に報告したが,[11)] 該時期に於ける耕作的諸条件と土壌流亡に関して，傾斜地研究室試験圃場に於て稍々詳細に調査し得たので，この結果を取りまとめここに報告せんとするものである。

調査の方法

流亡土壌量及び流去水量の測定は試験の設計に基づき夫々の斜面に設置された各試験区の集積槽によつて各降雨毎に行つた。又降雨の性質並びに降雨量は各試験区に設置した雨量計及び試験区に近い気象観測所の自記雨量計によつて測定した。なお試験地内の圃場及び農家の圃場についても二，三の観察を行つた。

調 査 結 果

1.　降雨の性質

この降雨は略々南西から北東にかけて留寿都，喜茂別両村を縦断し帯状に襲つているものの如く，降雨の通路以外の個所には殆んど降雨はなく，畑地の被害は全く見られなかつた。傾斜地研究室の観測によれば，5月27日13時30分から約6時間に亘り21.5 mm の降雨があつたが，当時土壌は乾燥状態にあつたため殆んど吸収せられ表土

第 1 表　降　雨　の　性　質

Table 1　Characteristics of rainfall.

	降雨量 10分間最大	降雨量 60分間最大	降雨量 総量	降雨持続時間	運動エネルギー 10^4 エルグ/$10cm^2$	推定流水量 (∑P-2.0mm)	危険雨量 (2m/10min>)
	mm	mm	mm			mm	mm
5 月 27 日	1.8	7.0	21.5	6 時 10 分	—	—	—
5 月 28～29 日	6.8	14.8	19.4	3 時 10 分	31・4	6.3	12.3
9 月 1 日 (1951)	7.4	26.6	32.0	2 時 30 分	75.1	15.4	27.4

*　農芸化学部　　**　同　傾斜地研究室

の流亡は全く認められなかつた。翌28日午後から天候再び悪変し21時20分から降雨があり，次第に強度を増し23時10分に至り雷鳴と共に降雹を伴い10分間最高6.8 mmに達する豪雨となつた。その後次第に強度を減じ翌朝1時20分に至り降雨は全く止んだものである。当時の降雨記録は第1表，第2表に示す如くであるが，比較のため昨秋最も甚だしい侵蝕を示した9月1日の降雨を記載した。

第2表　5 月 28 日降雨の推移

Table 2　Transition of rainfall on May 28.

時　間	23.00	23.10	23.20	23.30	23.40～0.30	
降雨量	mm 2.0	mm 6.8	mm 2.7	mm 1.3	mm 1.5	mm 3.4

運動エネルギーは10分間1.0 mm以上について又推定流水量は2.0 mm以上につき何れも三原[9)10)]の計算に従つて算出した。これによると昭和26年9月に出現した降雨の程度は遥かに大であつたことが知られる。

2. 降雨による土壌の流亡

5月27日の降雨以前は比較的乾燥状態が続き，圃場は越冬作物を除き各作物共耕耘，播種後3～18日で発芽直前或いは直後であつて，土壌面は殆んど裸地に近い状態であつたが土壌は膨軟で滲透性は高かつた。従つて5月27日の降雨には大部分の雨水が吸収保持せられ土壌の流亡は全く見られなかつたが，土壌水分は飽和に近い状態にあつた。5月28日夜半の豪雨はこのような状態の土壌を忽ち流去水と共に運搬し去つたものである。即ち水路と化した道路彎曲部下方には水の押出しにより畦の一部の破壊されたものあり，裸地区に無数の rill を形成したものがあつて，幅20～30 cm位から1～2 mに及び，表土は完全に流亡し心土のプラウ跡の露出した部分も見受けられた。殊に一般農家の場合縦畦に沿つて流下が甚だしく馬鈴薯，玉蜀黍，豆類の如きは種子の遙か下方迄運ばれているものも少なくはなく，播種溝の凹地の流亡により見掛けより甚だしい被害を受けている例も稀ではなかつた。かくの如く大なる被害を生じた原因は全く時期的に土地表面が作物によつて保護されておらず侵蝕に対する抵抗性の小なることによるものであると思われる。今次の降雨と前年9月1日の降雨による土壌流亡程度を比較すると次の如くになつている。

第 3 表　春秋降雨による流亡量の比較

Table 3　Comparison of soil losses by the rainfalls of this spring and preceding autumn.

項目 ＼ 傾斜 / 栽培法 / 降雨年月日	7～8° 傾斜長 50m				23～25° 傾斜長 25m			
	上下耕栽培		等高線栽培		上下耕栽培		等高線栽培	
	1952 5. 28	1951 9. 1	1952 5. 28	1951 9. 1	1952 5. 28	1951 9. 1	1952 5. 28	1951 9. 1
流去土壌量 ($^1/_{10}$ ha 当 kg)	750	147	481	1	668	60	500	14
流去水量 (mm)	3.09	1.91	1.91	0.73	2.17	4.12	3.09	1.92
流去水率 (%)	13.7	1.8	8.2	0.7	9.7	2.9	13.8	1.4
最小滲透度 (10分 mm)	3.69	5.49	4.89	6.67	4.63	3.28	3.71	5.48

註　1952年燕麦発芽直後，1951年小麦収穫直後。

これによつて明らかな如く，春季の降雨は昨秋のそれに比較して降水量，危険雨量，運動エネルギー共に低い値を示しているにも拘らず侵蝕の程度は極めて甚だしく，土壌の損失は莫大な量を示している。降雨量，強度と侵蝕程度とが相反する結果を示したのは明らかに春季と秋季の土壌表面が異つた条件下におかれていたためである。即ち秋季の降雨時は春播小麦の収穫後に当り，土壌は比較的緊密であつたが残存刈株，雑草の土壌被覆効果或いは残存根部の土壌緊縛効果等によつて土壌の流亡が抑えられたものと考えられる。勿論強雨の出現する直前の土壌水分量も大なる影響を与えることは明らかであるが，土壌表面の被覆程度が更に大なる影響を与えていることは明らかである。従つて春季土壌が膨軟で土壌表面の脆弱な状態下に流出限界を越える強度の降雨によつて蒙る侵蝕は極めて大なるものがある。

作物の土壌侵蝕に対する抵抗性の大小は作物の

種類によつて可なり著るしい差異を生ずるものであるが,[1)2)5)11)] その他 土壌面がほぼ完全に被覆されている場合その効果が極めて大なることは次表によつても明らかである。

第 4 表 作物の種類と土壌侵蝕の関係

Table 4 Differences of soil losses by different kind of crops.

作物名	流亡土壌量 (1/10ha 当kg)	流去水量 mm	流去水率 %	最小滲透度 mm	流去水 1 l 中の土壌量 (g)	地面の状態 播種月日	播種後日数
馬鈴薯	1,815	4.29	20.5	2.51	423	5. 9 (月 日)	13 (日)
秋播ライ麦	1,245	4.07	19.4	2.73	306	—	—
玉蜀黍	1,555	3.66	17.5	3.14	425	5. 24	3
牧草	—	0.37	1.8	6.43	—	—	—
甜菜	1,605	3.75	18.0	3.05	428	5. 9	18
大豆	1,555	*	*	*	*	5. 24	3

* 測定の際故障により欠測。

牧草及び秋播ライ麦を除き何れも播種3～18日後であり,地表面は殆んど裸出しているため,作物の種類による土壌侵蝕抑制の差異は全く認められず,かかる状態に於ては抑制効果は全然ないものである。秋播ライ麦は起生期直後にあつて越冬した茎葉が幾分土壌を被覆していたため流去水量はむしろ多くなつているが,流亡土壌量は少なくなり,従つて1 l の水によつて運搬せられた土壌量は減少している。一方牧草畑に於ける侵蝕は完全にこれを防止していることが認められ,完全なる被覆はいかなる時期に於ても相当強度大なる降雨に対しても侵蝕の危険を避け得るものであることを示している。

次に堆厩肥の施用による耐蝕性の増加と侵蝕抑制効果に関しては既に報告したところであるが,[4)13)] 春季の降雨に際しても堆厩肥施用方法によつて土壌流亡防止効果に差異を生ずることが認められた。

第5表 施肥の方法と土壌侵蝕の関係

Table 5 Differences of soil losses by the different method of manuring.

施肥の方法	流亡土壌量 (1/10ha 当kg)	流去水量 (mm)	流去水率 (%)	流去水 1 l 中の土壌量 (g)
無機質肥料単用	1,835	6.55	31.3	280
堆肥全量鋤込	1,815	6.90	33.0	263
堆肥作条内施用	1,645	6.47	30.9	254
半量表面撒布 半量作条内施用	1,390	6.32	30.2	220

即ち堆肥施用による土壌流亡抑制の効果はここでも見受けられるが,特に半量表面撒布,半量作条内施用区が最も効果的である。作条内施用により表面流去水を作条毎に阻止し,滲透度を高めると同時に表面撒布による土壌表面の被覆作用が効果的に働いたものと考えられ,土壌侵蝕防止に表面被覆が重要なる意義を有することが認められる。

作物の生育中及び収穫後に等高線栽培及び等高線帯状耕作が侵蝕防止に有効であることは既に多く発表されており,[1)2)5)] 著者等もまた実験を行つたものであるが[12)] 春季裸地状態を呈している場合でも耕作の方法によつて侵蝕状況に顕著な差異を示したことは注目すべき事柄であつた。

緩傾斜地に於ては燕麦,馬鈴薯共に等高線栽培によつて侵蝕は明らかに軽減されるが,特に一部を緑作帯によつて被覆された帯状耕作によつて一層顕著に侵蝕作用は阻止し得るものである。急傾斜地に於ても同様であるが,斜畦栽培の場合は上下耕に比して流亡土壌量が著るしく増大しているのは斜畦を実施することにより畦の総長が長くなつているため,畦に沿つて流下する流去水により畦の側壁が削られた結果であると思われる。又上下畦は等高線畦に比して流去水量が少ないにも拘らず土壌流亡量が多くなつているが,これは播種直後の流去水が播溝内に集中し多量の土壌を運搬したためであると見られる。従つて縦畦の場合には播溝の全長が長い程損失する土壌量は増加し,これに伴い種子,肥料等の運搬される量が多くなり,見掛けの侵蝕よりも災害的被害を大ならしめ

第6表 耕作の方法と土壌侵蝕

Table 6 Soil losses by different furrowing method.

			上下耕栽培	等高線栽培	等高線帯状栽培*	斜畦栽培**
傾斜7〜8度 (50m×2m)	燕麦 (発芽直後)	土壌流亡量 (1/10 ha kg)	750	484	397	—
		流去水量(mm)	3.09	1.85	1.70	—
		流去水率 (%)	13.7	8.2	7.6	—
		最小滲透度(mm)	3.71	4.95	5.10	—
		1 l 流去水中の土壌量 (g)	243	262	234	—
傾斜7〜8度 (50m×2m)	馬鈴薯 (播種直後)	土壌流亡量 (1/10 ha kg)	454	325	139	—
		流去水量(mm)	1.61	1.39	1.15	—
		流去水率 (%)	7.2	6.2	5.1	—
		最小滲透度(mm)	5.19	5.41	5.65	—
		1 l 流去水中の土壌量 (g)	282	234	83	—
傾斜23〜25度 (25m×2m)	燕麦 (発芽直後)	土壌流亡量 (1/10 ha kg)	668	566	—	1,076
		流去水量(mm)	2.17	3.09	—	3.09
		流去水率 (%)	9.6	13.7	—	13.7
		最小滲透度(mm)	4.63	3.71	—	3.71
		1 l 流去水中の土壌量 (g)	308	83	—	348
傾斜23〜25度 (50m×2m)	燕麦 (発芽直後)	土壌流亡量 (1/10 ha kg)	283	—	—	483
		流去水量(mm)	0.96	—	—	0.63
		流去水率 (%)	4.3	—	—	2.8
		最小滲透度(mm)	5.84	—	—	6.17
		1 l 流去水中の土壌量 (g)	295	—	—	767

* 等高線帯状耕作は中央に5m幅の条地帯を設置。
** 斜畦栽培は電光型に作条。傾斜度は20°。

た原因である。なお急傾斜の場合，試験区の大なるもの (50m×2m) の流亡土壌量が少なくなつているが，この試験区は中央が凹地になつているため，土壌及び流去水がこの部分に抑えられ，距離が長いにも拘らず流亡土壌量を著るしく減少しているものである。これによつて見ても土壌侵蝕の程度は地形によつて著るしい影響を受けているものであることが知られる。

農道及び誘水溝が適正に設けられておらぬ場合にこれらが降雨に際しては集水溝となり，ここに集中された水によつて侵蝕作用が増大されている例は少なくはない。土壌侵蝕防止に対して水処理の問題は極めて重要なる意義を有していることは言を要しないところであるが，この点に就ては本地帯に於ても決して例外ではあり得ないものである。本地帯は農家の耕作面積は比較的狭小で且つ各所に散在している場合が多いため，農道や誘水溝に対しては土壌侵蝕防止の観点からはなんら考慮が払われず便宜的に設置されているものが多い。これがため降雨の際これらが常に集水溝の役割をなし流去水は集中的に流下して来る。従つて今回の如き瞬間的の強雨に際しては僅か2，3町歩程度の小面積から集中された流去水は忽ち農道或は簡単な誘水溝を溢出し，耕地表面に多数の rill 或は small gully を形成するが，特に春季土地の保護が不充分の場合には膨軟なる耕土の流亡により畦の欠壊，稚苗の埋没等により意外に大なる被害を与えているものである。しかし本地帯は一般に下層土が緊密で抵抗性が比較的大であることと，広大な集水地域を有することが少ないため形成される gully は一般に規模が小さくなつており，大部分は犂底盤上に止まる程度の浅いもので溝幅の大なる皿状の gully をなしているものである。Gully の形成頻度はかなり高いものである

が，その形状から耕耘，整地等により容易に且つ短期間に復旧されていることは本地帯の一つの特徴とも見るべきであろう。かかる状態にあるため gully に対しては比較的関心が払われていないが，被覆作物が少なく侵蝕に対する抵抗性の脆弱な春季に於て，農道及び誘水溝等の不備による侵蝕被害の増大していることは見逃し得ない事実である。

3. 考　察

以上の諸結果から春季の降雨による侵蝕の被害が極めて大きくあらわれた原因は，土壌表面が裸地 近い状態に置かれていたため，水の保持，透水性は極めて少なく，侵蝕作用に対しての保護作用が充分になされておらなかつた時期にたまたま限界以上の強雨に見舞われたことによるものであると云うことが出来る。即ち降雨量，強度及び運動エネルギー共に遙かに大なる昨 1951 年 9 月の降雨によつて示された土壌流亡量が，春季の降雨によつて示された量に比較して顕著に少なかつたことは全く残存刈株や雑草による被覆作用，残存根系の土壌緊縛作用等により土壌の流亡が有効に阻止されたためであることが知られる。又春播作物は播種又は発芽直後にあり作物による保護作用をあらわす迄に至つておらなかつたため作物の種類による効果の差異は殆んど見受けられないにも拘らず，秋播ライ麦による僅かの被覆によつてかなり明瞭に土壌の流亡を減少しており，又被覆がほぼ完全な状態にあつた牧草類によつて表土の流亡は全然起つていない。更に堆肥施用による効果はそれ自身として明らかであるが，表面撒布によつて雨滴と土壌面との直接接触を避けることによつて一層効果的であることが示されている。一方等高線栽培が上下耕栽培に比して侵蝕抑制に有効であることは，等高畦による流去水エネルギーの減殺と考へられるが，帯状耕作によつて更に大なる効果を示しているのは，中央緑作帯による流亡土壌の阻止，土壌面被覆による保護作用，滲水性の増大等が挙げられるもので，何れも地表面被覆による保護作用が極めて重要なる意義を有していることを明らかに示しているものと云える。

北海道に於ては一般に春季豪雨の記録は少なくむしろ比較的乾燥に失する傾向が多いのであるが，偶々襲来する強雨に対しては意外の被害を蒙つている場合がある。本春の降雨記録に示された如き降雨量 20 mm, 10 分間最高6～7mm 程度の降雨は数年間に 1 回位発生することが予想されるものであるから，かかる予想の下にこれに対する対策を考慮することなくして営農を行うことは極めて危険であると云わなければならない。前掲の各種試験結果から，春季圃場を全面的に耕起を行い，春播作物のみに依存し且つ慣習的に行われている上下耕栽培を実施することは，春季の降雨に対し圃場を最も危険な状態に曝らしておくことになるものである。急速に完全なる等高線耕作を実施することにより耕作方式の改善を行い，永年性被覆作物，秋播作物等の組合せによる侵蝕防止輪作を取り入れ帯状耕作を行うことが必須条件として考えられなければならない。更に有機質肥料の施用による土壌の耐蝕性の増加を図り，又施用方法についても考慮を払い，同時に農道，誘水溝等諸施設を合理的に完備することによつて，春季の瞬間的豪雨に際してもその被害程度を最小限に喰止めることが出来るものである。

摘　要

昭和 27 年 5 月 28 日の降雨による土壌侵蝕の被害について 2，3 の調査を行つた。その結果は次の如く要約出来る。

1. 5 月 28 日の降雨の性質を前年中最も侵蝕の甚だしかつた 9 月 1 日の降雨と比較した。

2. 前年秋の降雨に比較して降雨総量，強度共に劣つていたにも拘らず土壌流亡量は著るしく多くなつている。

3. 春播作物は何れも侵蝕防止作用には大差はないが，秋播ライ麦は幾分効果を示し，牧草によつて土壌の流亡は完全に阻止された。

4. 堆厩肥施用による侵蝕抑制効果は明らかに認められるが，半量を地表面に撒布したものの効果が特に著るしい。

5. 上下耕栽培による土壌流亡量は著るしく多くなつているが，等高線栽培或いは等高線帯状栽培によつて侵蝕は軽減される。

6. 農道及び誘水溝の不備によつて侵蝕作用が増大されていることを観察した。

7. これらの結果から，春季の降雨によつて土壌の侵蝕が著るしくあらわれたのは，耕起によつて圃場が裸地状態に置かれており，侵蝕に対する

抵抗性の少ない時期に強雨に遭遇したことに起因していることが明らかである。

8. 従つて春季の侵蝕を最少限に止めるためには，地面の被覆保護の輪作による等高線帯状耕作を行うことが必要であり，更に有機質肥料の施用，農道及び誘水溝の完備が必要である。

本調査に当り終始懇篤なる御助言を賜つた北大教授石塚喜明博士並びに実験に協力を得た傾斜地研究室員各位に深謝の意を表する。

参考文献

(1) Ayres, Q. C., 1936 : Soil erosion and its Control.

(2) Bennett, H. H., 1939 : Soil Conservation.

(3) Collins, W. C., 1935 : Univ. of Georgia, Bull. 10.

(4) Gustafson, A. F., 1933 : Cornell Exp. Bull. 201.

(5) Gustafson, A. F., 1937 : Conservation of the soil.

(6) Lowdermilk, W. C., 1930 : Jour. Forestry, 28, p. 474.

(7) Lowdermilk, W. C., 1934 : Jour. Forestry, 32, p. 529.

(8) Mc Gee, W. J., 1911 : U. S. Dept. Agr Bur. Soils Bull., 71, p. 17.

(9) 三原義秋, 1951 : 農業改良技術資料 15 号（土壌肥料第 2 号）.

(10) 三原義秋, 1951 : 農業技術研究所報告 A 第 1 号.

(11) 西潟高一, 1952 : 農業技術 7, 11, p. 12.

(12) 西潟高一・飯田矢男, 1951 : 土壌侵蝕防止の研究第 1 報（未発表）.

(13) 西潟高一・飯田矢男, 1952 : 土壌侵蝕防止の研究第 2 報(要旨), 土肥誌, 23.1.

(14) 西潟高一・飯田矢男・竹内豊, 1952 : 土壌侵蝕防止の研究第 3 報 農業技術改良資料第 30 号.

Résumé

Several investigations have been made on the damage of soil erosion by a Spring heavy rainfall which happened May 28, 1952.

The results are summarized as follows:

1. Comparison was made between the characteristics of the rainfall of September 1, 1951, which caused the most severe soil erosion in that year and those of the May 28, 1953 heavy rain.

2. In spite of inferiority in both total precipitation and intensity, the soil loss was higher in the May 1953 rainfall than in that of the preceding Autumn.

3. Each Spring crop showed no marked effect in respect to erosion control; winter rye had some effect, but permanent grass prevented the soil loss perfectly.

4. The effect on erosion control by means of manuring was evident, especially when the manure was applied over the soil surface in a half amount of usual application.

5. The soil loss is increased by up and down cropping, but is decreased by contour farming or contour strip cropping.

6. Soil erosion is enlarged by faulty farm roads and inperfect diversion ditches.

7. From these results, it is clear that the soil erosion which has occured severely like this, is caused by the intense rainfall which happens when the farm fields are almost bare after furrowing and resistance to erosion is at a minimum.

8. So it is necessary to minimize the soil loss resulting from a heavy sping rainfall by practising contour strip farming, by protecting the soil surface with different crops, by applying more manure and by establishing well graded farm roads and diversion ditches.

北海道に於ける十字花科植物のバイラス病
第2報　胡瓜モザイクバイラス

大　島　信　行*　田　中　一　郎**

STUDIES ON THE VIRUS DISEASES OF CRUCIFERS IN HOKKAIDO
II. CUCUMBER MOSAIC VIRUS

By Nobuyuki OSHIMA and Ichiro TANAKA

緒　　言

胡瓜モザイクバイラスが十字花科植物に病原性あることは既に知られた事実である（SMITH, 1937; POUND & WALKER, 1948; 土居等, 1950; 奥浦, 1950; 小室・明日山, 1951; 本橋, 1951）。北海道でも秋播大根から胡瓜に感染しやすいバイラスを分離することが出来る。本文はこのバイラスが胡瓜モザイクバイラスであることを主として寄主範囲によつて明かにしたものである。なお先に我々は数種のバイラスが北海道の大根モザイク病に関与することを報告したが（田中・大島, 1952 a）この中の1種は胡瓜モザイクバイラスであることが分つた。

寄主範圍

汁液接種試験

實験方法　供試苗及び接種法は第1報（田中・大島, 1952 b）の寄主範囲試験と同様の方法で栽培，接種を行つた。接種源としては最初1951年秋農業試験場圃場の大根から *Nicotiana glutinosa* に接種して置いたものを用いた。然しこの接種試験は殆んど失敗に終り十字花科植物では唯「黄カラシナ」のみが感染発病した（第1表，III—15，V—6及び V—31接種試験参照）。従つて以後の接種源としてはこの「黄カラシナ」から更に十字花科及び茄科植物に植えついだものを用いた（第1表参照）。又最初の実験から接種後長期間経過した植物中のバイラス濃度は低いように思われたので，出来るだけ接種源は新しい寄主にうつし替えて接種後間もないものを用いるようにした。觀察期間は少なくとも2週間，非発病植物では3週間以上観察してから *Nicotiana glutinosa* に逆接種して保毒の有無を験した。

第1表　汁液による接種試験結果

Table 1　Results of mechanical inoculation of cucumber mosaic virus isolated from Japanese radish.

接種年月日	接種植物 名	個体数	感染植物 病徴	発病数	接種源植物名*	逆接種*** 感染株／接種株
	十字花科植物　Cruciferae					
1952 III—15	甘藍〔サクセツション〕 *Brassica oleracea* var. *capitata*	6	なし	0	NG	
V—6	〃	4	〃	0	〃	
VII—8	〃	5	褪緑斑紋	2	T	4/6**
VIII—12	〃	6	なし	0	〃	0/3
IX—1	〃	6	〃	0	〃	

*　病理昆虫部病理研究室　　**　病理昆虫部

接種年月日	接種植物 名	個体数	感染植物 病徴	発病数	接種源植物名*	逆接種*** 感染株／接種株
IX—10	〃	5	〃	0	NR	
VII—8	甘藍〔コペンハーゲンマーケット〕	5	なし	0	T	$^{1}/_{6}$
VII—25	〃	5	〃	0	〃	$^{3}/_{3}$
VIII—25	〃	5	〃	0	NR	$^{0}/_{3}$
IX—10	〃	5	〃	0	〃	
VII—8	甘藍〔バンダーゴー〕	5	なし	0	T	$^{1}/_{6}$
VII—25	〃	5	〃	0	〃	$^{0}/_{3}$
VIII—25	〃	5	〃	0	NR	
IX—10	〃	5	〃	0	〃	
V—6	白かぶ甘藍 *B. oleracea* var. *gongylodes*	6	なし	0	NG	
VII—8	〃	5	褪緑斑紋〔1株は透過光にて判別〕	2	T	$^{6}/_{6}$**
VII—25	〃	5	なし	0	〃	
VIII—12	〃	6	〃	0	〃	$^{0}/_{3}$
V—6	子持甘藍〔ロングアイランド〕 *B. oleracea* var. *gemmifera*	4	なし	0	NG	
VII—8	〃	5	〃	0	T	$^{0}/_{6}$
VII—25	〃	5	〃	0	〃	$^{0}/_{3}$
VIII—25	〃	5	〃	0	NR	
IX—10	〃	5	〃	0	〃	
V—6	花椰菜〔アーリースノーボール〕 *B. oleracea* var. *botrytis*	8	なし	0	NG	
VII—8	〃	6	〃	0	T	$^{0}/_{6}$
VIII—25	〃	5	葉脈に沿う稲光状線，脈側濃緑斑	1	〃	$^{2}/_{3}$**
VIII—25	〃	5	なし	0	NR	$^{0}/_{6}$
IX—10	〃	4	〃	0	〃	
V—6	千筋水菜 *B. japonica*	6	なし	0	NG	
VIII—25	〃	5	脈側濃緑斑	1	NR	$^{3}/_{3}$**
IX—1	〃	5	〃	2	T	
V—6	寄居かぶ *B. rapa*	4	なし	0	NG	
VI—23	〃	6	葉脈透明→脈側濃緑斑	5	C	
VIII—25	〃	5	〃	2	NR	
III—15	小松菜 *B. rapa* var. *Komatsuna*	8	なし	0	NG	
VIII—25	〃	5	脈側濃緑斑	2	NR	
IX—1	〃	5	〃	1	T	
V—6	体菜 *B. chinensis*	4	なし	0	NG	
VIII—25	〃	5	脈側濃緑斑	2	NR	
IX—1	〃	5	なし	0	T	
IX—10	〃	5	〃	0	NR	

接種年月日	接種植物 名	個体数	感染植物 病徴	発病数	接種源植物名*	逆接種*** 感染株/接種株
Ⅵ—25	二十日大根 *Raphanus sativus*	10	明かな病徴なし（保毒株3）***	0	R	
Ⅷ—25	宮重大根 *R. sativus* var. *longipinnatus*	5	なし	0	NR	$^{0}/_{3}$
Ⅸ—1	〃	5	脈側濃緑斑	3	T	$^{4}/_{4}$**
Ⅸ—25	〃	5	なし	0	TK	
Ⅶ—25	菜種〔ハンブルグ〕 *B. napus*	3	脈側濃緑斑	3	T	
Ⅸ—1	〃	5	〃	2	T	$^{3}/_{3}$**
Ⅸ—10	〃	5	なし	0	NR	
Ⅲ—15	黄カラシナ *B. cernua*	6	脈側濃緑斑	1	NG	$^{5}/_{5}$**
Ⅷ—25	〃	4	〃	4	NR	
Ⅺ—1	〃	5	〃	3	T	
Ⅷ—25	朝鮮白菜 *B. pekinensis*	5	なし	0	NR	$^{0}/_{3}$
Ⅸ—1	〃	5	〃	0	T	$^{0}/_{3}$
Ⅸ—10	〃	5	〃	0	NR	

茄科植物　Solanaceae

接種年月日	接種植物 名	個体数	感染植物 病徴	発病数	接種源植物名*	逆接種*** 感染株/接種株
Ⅴ—6	タバコ〔ホワイトバーレー〕 *Nicotiana tabacum*	5	なし	0	NG	
Ⅶ—11	〃	4	葉脈透明，斑紋	4	T	
Ⅷ—25	〃	6	〃	6	NR	
Ⅷ—25	タバコ〔アンバレマ〕	3	葉脈透明，斑紋	3	〃	
Ⅵ—17	*N. rustica*	4	葉脈透明，褪緑，斑紋	4	R	
Ⅶ—17	〃	8	〃	7	T	
Ⅴ—6	*N. glutinosa*	4	なし	0	NG	
Ⅴ—31	〃	2	灰白色壊疽，斑紋	1	〃	
Ⅴ—6	*N. sylvestris*	5	なし	0	NG	
Ⅵ—17	〃	6	葉脈透明→斑紋	5	R	
Ⅶ—11	〃	3	〃	3	T	
Ⅴ—6	白花洋種朝鮮朝顔 *Datura stramonium*	6	なし	0	NG	
Ⅶ—17	〃	3	接種葉上褪緑斑点 上述斑点，同心輪紋	2 1	T	$^{0}/_{3}$ $^{3}/_{3}$
Ⅶ—30	〃	6	不整形同心輪紋	3	〃	$^{3}/_{3}$**
Ⅶ—30	蕃茄〔マーグローブ〕 *Lycopersicum esculentum*	6	褪緑斑紋（1株黒褐色壊疽）	6	T	
Ⅸ—17	〃〔ブレークオーデー〕	6	褪緑斑紋	2	TK	
Ⅵ—12	ツクバネアサガオ *Petunia hybrida*	9	葉脈透明→斑紋，萎縮	3	NG	
Ⅶ—25	サルメンバナ	3	褪緑，斑紋	2	T	

接種年月日	接種植物 名	個体数	感染植物 病徴	発病数	接種源植物名*	逆接種*** 感染株/接種株
	Salpiglossis sinuata					
Ⅶ—30	〃	6	〃	6	〃	
Ⅴ— 6	蕃菽〔札幌大長なんばん〕	6	な　し	0	NG	
	Capsicum annuum					
Ⅶ—11	〃	2	灰白色壊疽，萎縮	2	T	
Ⅶ—30	〃	6	〃　不整形同心輪紋	5	〃	
	菊科植物 Compositae					
Ⅴ— 6	百日草	6	な　し	0	NG	
	Zinnia elegans					
Ⅶ—25	〃	6	葉脈透明→斑紋	5	T	
Ⅷ—25	〃	6	〃	5	NR	
	藜科植物 Chenopodiaceae					
Ⅴ—31	アカザ	3	褪色斑点→赤褐色輪紋	3	NG	
	Chenopodium album					
Ⅶ—17	〃	3	〃	3	T	
Ⅷ—25	ホウレン草〔ビロフレー〕	6	葉脈透明→褪緑黄化，斑紋，萎縮	6	NR	
	Spinacia oleracea					
Ⅶ— 8	甜菜〔本育 192 号〕	2	淡黄色円形斑点	2	T	
	Beta vulgaris var. *rapacea*					
Ⅷ—25	〃	6	〃	6	NR	
	瓜科植物 Cucurbitaceae					
Ⅴ— 6	胡瓜〔加賀節成胡瓜〕	6	な　し	0	NG	
	Cucumis sativus					
Ⅶ— 8	〃	4	斑　紋	3	T	
Ⅶ—25	〃	3	〃	3	〃	
Ⅷ—25	〃	4	〃	3	NR	
Ⅶ—30	南瓜〔デリシャス〕	6	な　し	0	T	
	Cucurbita moscata					
Ⅷ— 4	〃	9	〃	0	〃	
	莧科植物 Commelinaceae					
Ⅶ—25	千日草	4	褪緑，斑紋	4	T	
	Gomphrena globosa					
Ⅶ—30	〃	5	〃	5	〃	
Ⅶ—30	アオビユ	6	褪緑，濃緑斑紋，萎縮	2	T	
	Amaranthus retroflexus					
Ⅷ—12	〃	6	〃	4	〃	
Ⅷ—16	〃	8	〃	3	〃	

* NG……*Nicotiana glutinosa*　NR……*N. rustica*　T……「寄居カブ」　TK……「小松菜」　R……二十日大根（アブラムシにより接種したものを用いた）　C……ナズナ（アブラムシにより接種したものを用いた）

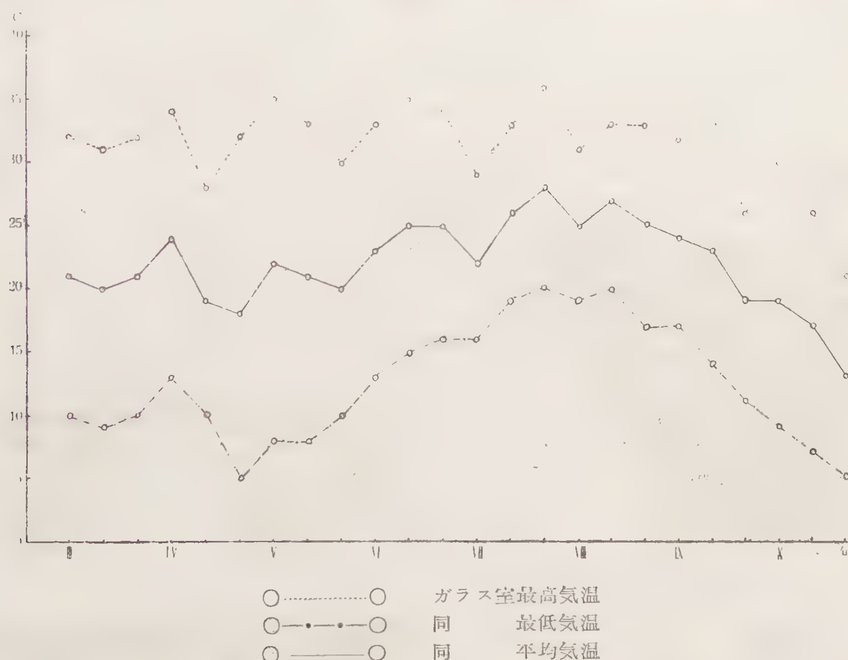
** 病徴あるもののみから逆接種を行つた。　*** *N. glutinosa* により調査した。

実験は総てガラス室内で行つた。実験中の気温は第1図の通りである。

實驗結果　このバイラスは一般に十字花科植物に対する病原性は少なく，あまり烈しい病徴は生じない。これに反し瓜科，茄科，藜科及び莧科等の植物に対する病原性は極めて高かつた。

甘藍類以外の十字花科植物では接種1～2週間後，若葉に脈に沿う太い濃緑帯又は斑紋を生じ，この濃緑部とその他の褪色部の濃度差によつて極めて不明瞭なものから明らかなものまで種々の段階を生じ，それに応じて少しく萎縮する。濃緑部は著しく隆起することなく主として太い脈に沿つて生じ，従つて葉緑はあまり波状を呈しない。なお，寄居カブでは最初，葉脈透明が認められた。個々の植物の病徴について述べると次の如くである。二十日大根では明らかな病徴は見られず宮重大根でも病徴は極めて不明瞭であつた。これに次いで千筋水菜・体菜・小松菜・寄居カブ・黄カラシナ及び洋種菜種の順で病徴が明らかとなる。千筋水菜及び体菜の濃緑部は極小部分に限られている。小松菜以下の植物では濃緑部の輪廓がことにはつきり認められ黄カラシナは特に感染率が高いようである。

甘藍及び蕪甘藍の病徴は若葉上の極めて不明確



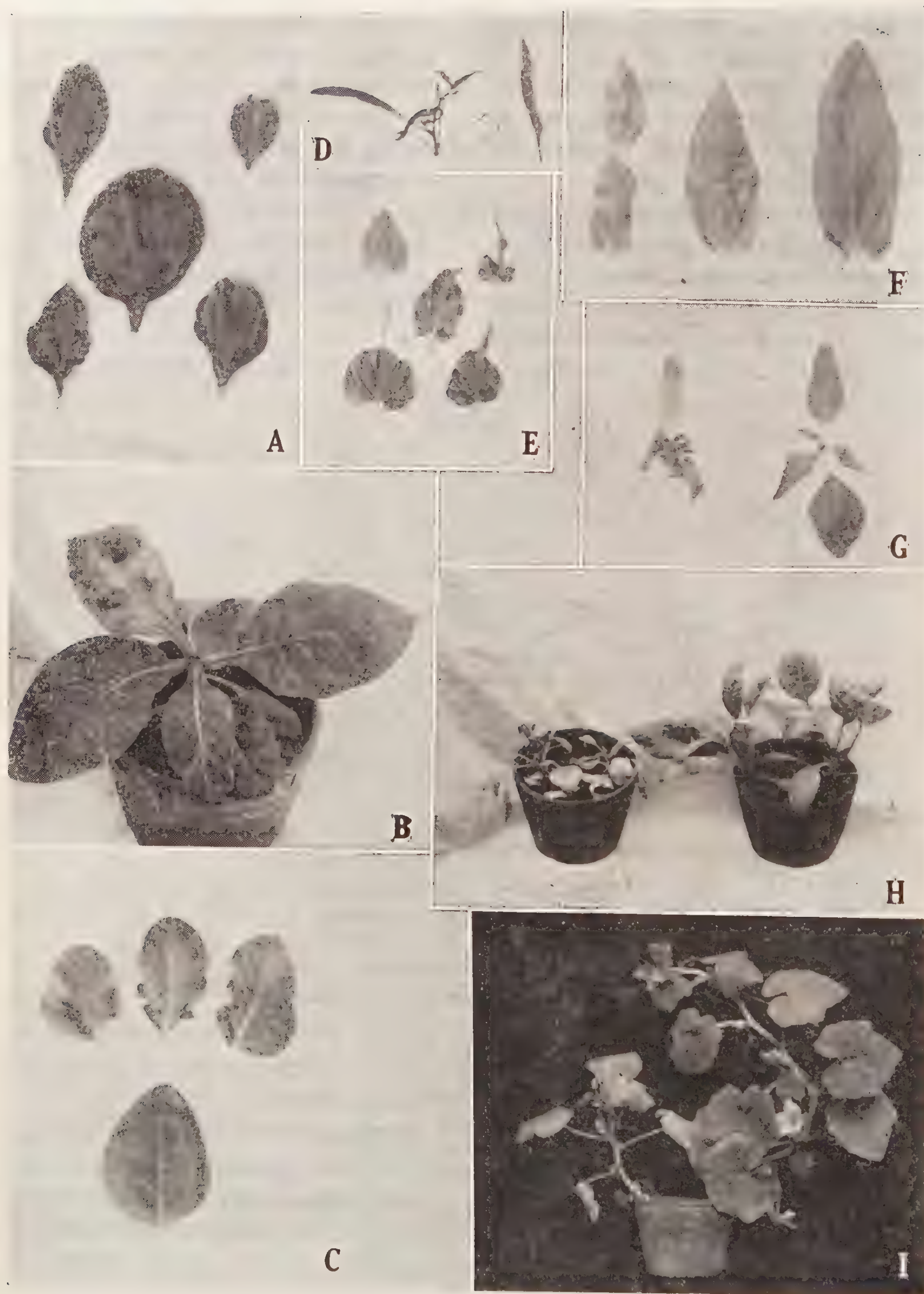
第 1 圖　Ⅲ月～Ⅹ月旬別平均気温

Fig. 1 Mean temperature of every ten days from March to October.

な褪緑斑紋であつて，これらのあるものは脈をとりかこむ褪緑輪紋をなしている。これらの病徴は後に消失して保毒植物となるが，甘藍では品種により明らかな病徴を示さず，最初から保毒植物となつた。花椰菜では若葉葉脈をとりかこむ黄色稲光状線を現わしその線の内部は少しく濃緑である。POUND & WALKER (1948) によつて報告された十字花科植物に病原性ある胡瓜モザイクバイラスでも甘藍は保毒植物で，花椰菜は接種葉に病徴を現わし保毒植物となる。なお甘藍類は感染率悪く発病したものについて感染率を見ると，甘藍「サクセツション」，蕪甘藍及び花椰菜で夫々6％，9％及び3％であつた。白菜及び子持甘藍には感染が起らなかつた。

十字花科植物以外の病徴は次の如くである。

Nicotiana glutinosa：接種後5～6日で灰褐色壊疽を脈間部に示す。この病徴は特に若葉基部に多く現われる。又時には若葉の葉脈透明がこれに先行することがある。その後に生ずる葉は明らかな壊疽を示さず濃緑部と淡緑部からなる斑紋を生じ，濃緑部は肥厚し大きな斑紋として或いは葉面一体に不整形微小斑点として現われる。葉はそ



第 2 圖　大根に病原性ある胡瓜モザイクバイラスに感染した各種植物の病徴

Fig. 2　Symptoms on various kinds of plants infected with cucumber mosaic virus pathogenic on Japanese radish.

A．ツクバネアサガオ葉　Leaves of *Petunia hybrida*.
B．煙草〔品種，アンバレマ〕　*Nicotiana tabacum* (var. Ambalema).
C．*Nicotiana rustica* 葉（下）　健全葉　Leaves of *Nicotiana rustica* (Lower). Healthy leaf.
D　& E.　*N. glutinosa*. 葉　Leaves of *Nicotiana glutinosa*.
F．百日草葉　（右端）　健全葉　Leaves of *Zinnia elegans* (Right end). Healthy leaf.
G．アオビユ　（右）　健全植物　*Amaranthus retroflexus* (Right). Healthy plant.
H．ホンレンソウ〔品種，ビロフレー〕（右）　健全植物　*Spinacia oleracea* (var. Viroflay). (Right). Healthy plants.
I．南瓜　〔品種，デリシャス〕（右）健全植物　*Cucurbita moscata* (var. Delicious) (Right). Healthy plant.

れと共に畸形を生じ甚しきは紐状となる（第2図D及びE参照)。

N. tabacum「ホワイトバーレー」：接種後約5日で葉脈透明を現わしその後上方葉は褪緑直立する傾向を生じ，葉基部幾分上方に捲き同時に葉縁は波状を呈する。約2週間後には若葉に濃緑部と褪緑部よりなる粗い斑紋を生じ，濃緑部は火ぶくれ状に突出し少しく葉形を変ずる。時に葉尖は刺状に細くなる。老葉は緑色輪紋或いは脈に沿う稲光状模様を現わす。「アンバレマ」に接種した場合にも略同様の病徴が観察され老葉に生ずる病徴は灰褐色壊疽状を呈した（第2図B参照)。

N. sylvestris：*N. tabacum* と略同様病徴を示すが若葉の直立，褪緑等の感染初期の病徴は認められなかつた。これに反し葉脈透明は煙草に比し極めて明瞭に現われる。

N. rustica：この植物は著しく感受性高く接種後4～7日で発病する。最初嫩葉が顕著に褪色し葉脈透明を示すが，後に生ずる葉は葉基部少しく上方に捲き褪緑した葉面に濃緑火ぶくれ状の部分を生ずる。濃緑部は主として葉基部に生じ葉縁は波状を呈する（第2図C参照)。

蕃茄「マーグローブ」：接種約10日後若葉に不明瞭な褪緑斑紋を生じ，これが次第に明瞭となると同時に葉は狭くなるが所謂 'fern leaf' の如き紐状の葉は認められなかつた。唯実験した6株のうち1株が脈部に黒褐色の壊死部を生じ後に紐状の細い葉を生じた。然しこれがたとい胡瓜モザイクバイラスの他の系統によつて生じたとしてもこの場合には恐らく他から混入したものと思われる。後にブレークオーデーを用いて実験した時には斯る病徴は見られず，先に述べた褪緑斑紋と葉の狭小となる現象しか認められなかつた。

ツクバネアサガオ：最初葉脈部が黄化し，後の葉では脈に沿つて黄色帯を現わす。老葉ではこの褪緑部は次第に少なくなるが，若葉では葉の大部分が黄化してわずか一部に濃緑火ぶくれ状の島を残すのみである。又斯る植物の若葉は基部が少しく上に捲いており萎縮も著しい（第2図A参照)。

蕃椒「札幌大長なんばん」：最初若葉基部の脈間部に褪色斑点を生じ，これは灰白色の壊疽に変ずる。後に生じた葉には濃緑色不整形の同心輪紋を生ずる。植物全体として褪緑萎縮する。

白花洋種朝鮮朝顔：接種後約6日目接種葉に褪緑円形斑点を生じ，その後他の葉に濃緑不整形同心輪紋を現わし，やゝ褪色した老葉には特に明らかに認められた。然し時により接種葉上病徴又は全身病の認められぬ場合もあつた。

サルメンバナ：頂部著しく褪緑黄化し葉縁波状を呈し濃緑斑紋を生じ，葉面積を減じ甚しきは中肋のみを残し紐状となる。

百日草：最初若葉基部の葉脈が透明となり約2週間後には濃緑斑紋を示し他は一面に褪緑する（第2図F参照)。花には明らかな病徴を生じない。

アカザ：接種3日目に接種葉上に灰白色円形の斑点を現わし，その後次第にその周囲が赤褐色となる。しかし全身的病徴は生じない。

ホウレンソウ「ビロフレー」：8月25日接種を行つたが，3日目に幽かな葉脈透明が見られ，次いで嫩葉褪緑し，ひねくれ或いは葉縁上方に捲き上り狭小となつた。若い褪緑葉には時に濃緑島を生ずる。植物全体の萎縮が甚しく，下葉は次第に枯死し全体の枯死にいたるものもある（第2図H参照)。

甜菜「本育192号」：接種約1週間後接種葉上に円形淡黄斑点を生じ，これらのあるものは脈に沿い，やゝ拡張するが全身的病徴は見られなかつた。

胡瓜「加賀節成胡瓜」：接種5～6日目に葉に褪緑不整形小斑を生ずるが，その後生じた若葉の病徴は初期病徴より不明瞭で，病斑数も少なく，葉基部脈間部に生じ，少しく濃緑の部分が脈側に

生ずる。

南瓜「デリシャス」: 接種は起きにくかつたが(第1表参照), 感染すれば著しく節間つまり萎縮黄化し, 頂葉には緑色の斑紋を生ずる(第2表及び第2図I参照)。斯る病徴を現わした南瓜はあまり圃場では見られない。これに反しこれ程黄化萎縮の著しくない南瓜のモザイク病は至る処に発生する。このバイラスが如何なるものであるか不明であるが, 両者平行して接種試験を行つた結果 *Nicotiana tabacum, N. sylvestris* 及び *N. glutinosa* に感受性がないことが分つた。従つて両者は多少異るものであろう(第2表参照)。なお, 小室・明日山 (1951) も南瓜モザイクバイラスが瓜科とアカザを侵し *N. glutinosa* を侵さぬことを報告している。

第 2 表 大根から分離した胡瓜モザイクバイラス及び南瓜モザイクバイラスの接種試験

Table 2 Results of mechanical inoculation of cucumber mosaic virus isolated from Japanese radish and squash mosaic virus.

接種年月日	接種バイラス及接種源植物名 / 調査事項 / 接種植物名	胡瓜モザイクバイラス(加賀節成胡瓜) 病徴	胡瓜モザイクバイラス(加賀節成胡瓜) 感染株/接種株	南瓜モザイクバイラス(南瓜) 病徴	南瓜モザイクバイラス(南瓜) 感染株/接種株
1952 IX—6	南瓜〔デリシャス〕	褪色, 斑紋, 萎縮	$^2/_6$	脈側緑帯	$^3/_6$
	Nicotiana tabacum	葉脈透明, 斑紋	$^3/_4$	なし	$^0/_4$
	N. glutinosa	壊疽, 斑紋	$^3/_4$	〃	$^0/_4$
	N. sylvestris	葉脈透明, 斑紋	$^4/_4$	〃	$^0/_5$

千日草: 若葉褪緑し直立する傾向を生じ, それらの葉面には処々に濃緑島を葉脈に沿つて生じ葉面は少しく波状を呈する。

アオビユ: 接種後約11日目頃から嫩葉の基部が褪緑黄化し始めるが, 更に2〜3日後には褪緑部に次第に濃緑火ぶくれ状小島を現わし植物全体が萎縮する。更にその後生ずる頂葉は著しく萎縮し濃緑色を呈し, 僅かに淡緑色の斑紋を示し葉縁は波状をなす(第2図G参照)。

以上の結果を綜合表示すれば第1表の通りである。

アブラムシの媒介による接種試験

實驗方法 接種源として「黄カラシナ」から1952年4月19日接種, 発病した *Nicotiana glutinosa*, アブラムシはモモアカアブラムシを用いた。供試虫は無毒のものを予め飼育して置き接種に先立つて4〜5時間饑餓状態に置き, 接種源上に5〜90分, 保虫箱中の供試植物に各5匹宛1日放飼して後殺虫した。殺虫には Tetra Ethyl Pyro Phosphate 2000 倍水溶液を用いた。供試植物は幼苗を3〜5寸鉢に1〜2本宛植えて用いた。実験は総てガラス室内で行い, 接種後20日以上観察し, *N. glutinosa* 及びアカザに逆接種して保毒の有無を調査した。実験ガラス室の気温は第1図の通りである。

實驗結果 この実験で二十日大根は接種後約20日後幽かな葉脈透明を現わし, 1箇月後には少しく褪色した葉面に脈に沿う濃緑斑紋を示したが後に再び消失した。汁液接種に於て二十日大根の病徴がはつきりしなかつたのは気温の上昇により病徴が隠蔽されたためかも知れない。

ナズナでは葉面に濃緑部と褪色部からなる明瞭な粗い斑紋が見られ, 後者は主として若葉主脈に沿つて生じ葉の中央に相当広い面積をしめる。全体として褪緑萎縮が著しい。

ツユクサでは最初若葉基部に細脈に沿い葉縁に直角に走る濃緑部と褪緑部を生ずるが, 褪緑部は次第に縦走する脈の間に拡がり濃緑部とまじり合つて斑紋をなす。

ツクバネアサガオ及びホウレンソウについては汁液接種試験と同様である。

アブラムシによる接種試験の結果を表示すれば第3表の通りである。

第 3 表　アブラムシの媒介による接種試験結果

Table 3　Results of transmission by aphid, *Myzus persicae*.

接種年月日	接種植物 名	個体数	感染植物 病徴	発病数	逆接種の結果
1952, V—8	二十日大根 *Raphanus sativus*	6	葉脈透明→斑紋	1	NG $3/4$ CA $3/3$
〃	宮重大根 *R. sativus* var. *longipinnatus*	3	なし	0	CA $0/3$
V—14	体　菜 *Brassica chinensis*	6	なし	0	CA $0/3$
V—9	黄カラシナ *B. cernua*	6	〃	0	CA $0/3$
V—14	甘藍〔コペンハーゲンマーケツト〕 *B. oleracea* var. *capitata*	6	〃	0	CA $0/3$
VI—5	ナズナ *Capsella Bursa-pastoris*	5	斑紋，萎縮	2	NG $4/4$ CA $1/1$
V—5	菜種〔ハンブルグ〕 *Brassica napus*	6	なし	0	CA $0/3$
VI—5	タバコ〔ホワイトバーレー〕 *Nicotiana tabacum*	6	斑紋	1	
V—8	*N. glutinosa*	6	なし	0	
VI—5	ツクバネアサガオ *Petunia hybrida*	4	葉脈透明→斑紋，萎縮	1	
V—9	白花洋種朝鮮朝顔 *Datura stramonium*	6	なし	0	
V—8	ホウレンソウ〔ビロフレー〕 *Spinacia oleracea*	6	褪緑黄化，萎縮	3	NG $5/6$ CA $2/3$
VI—5	アオビユ *Amaranthus retroflexus*	5	なし	0	
V—14	ツユクサ *Commelina communis*	5	斑紋	1	

* NG……*N. glutinosa* に逆接種したもの　　CA……アカザに逆接種したもの
分母……接種株数　　分子……感染株数

物理化學的性質

耐　熱　性

實驗方法　接種源は寄居かぶ又は小松菜葉汁，供試植物は *Nicotiana rustica* の幼苗を用い，第1報の耐熱性試驗と同様の方法で 10 分間加熱した。観察期間は 3 週間，実驗ガラス室気温は第1図の通りである。

實驗結果　結果は第 4 表の通りで，70°C で不活性化するようである。

第 4 表　耐熱性試驗結果

Table 4　Thermal inactivation.

実験番号	接種年月日 ＼ 温度(C°)	対照	40	50	60	65	70
1	1952　VIII—12	$6/6$	$6/6$	$5/6$	$6/6$		$0/6$
2	IX—1	$2/6$				$0/5$	$0/5$
3	IX—17	$9/9$			$6/9$	$7/9$	$0/9$

論　　議

POUND & WALKER (1948) は胡瓜モザイクバイラスの2系統が多くの十字花科植物に病原性あることを証明した。最近わが国に於ても胡瓜モザイクバイラスが大根，カブ，洋種菜種及びタネツケバナ（土居その他，1950；奥浦，1950；小室・明日山，1951；本橋，1951）から分離された。

我々のバイラスも *Nicotiana glutinosa*, *N. tabacum*，トマト，ツクバネアサガオ，白花洋種朝鮮朝顔，ホウレンソウ及びアオビユの病徴が，Cucumis Virus 1 (SMITH, 1937) と類似点多く，且つ70°C 10分熱処理により不活性化する点から胡瓜モザイクバイラスに属するものと思われる。唯胡瓜の病徴が軽い点より推量すれば病原性の弱い系統かも知れない。

POUND & WALKER (1948) の報告したバイラスは十字花科植物に病原性が少なく，胡瓜及びトマトの病徴も軽い点で我々のものと類似する。

我々が実験によつて得たと全く同様の病徴が圃場に於て百日草，ツクバネアサガオ，ホウレンソウ，胡瓜及びアオビユ等に観察されたが，特にアオビユには夏から秋にかけて多数発生する。このバイラスが南瓜に感染すると著しく萎縮黄化するが，圃場に於ては斯る病徴を示すものは少なく，多くは更に病徴の軽い異るバイラスによるモザイク病である。

顕著なモザイク病罹病大根からはよくこのバイラスが分離される。著者等が以前に調査したバイラスも *Nicotiana tabacum* 及び *N. sylvestris* の病徴から推量すれば恐らくこのバイラスであつた。然し当時の *N. glutinosa* 上の病徴は更に別種のバイラスの混在を予想させるものであつて恐らく3種の植物のうち *N. glutinosa* のみに感染出来るバイラスが存在したために生じた現象であろう（田中・大島，1951 a）。このバイラスについては後に報告するが，斯くの如く大根には種々のバイラスが混合感染しており，烈しい病徴を呈するのは寧ろそれらによるもので，ここに報告した胡瓜モザイクバイラス単独ではそれ程の病徴を示さぬのではないかと思われる。

何れにせよ胡瓜モザイクバイラスは北海道で十字花科植物その他に広く分布しているようであるが一般に十字花科植物に対する病原性は弱く，この点では経済的に重要なものとは思われない。寧ろ他科植物に対する伝染源として重要であろう。

摘　　要

本論文は秋季，北海道に於て大根から分離した1バイラスに関するものである。このバイラスは大根に接種後約2週間で脈に沿う不明瞭な濃緑斑を現わす。

このバイラスはカーボランダム法又はモモアカアブラムシの媒介により次の植物に感染する。十字花科：甘藍，白カブ甘藍，花椰菜，千筋水菜，寄居カブ，小松菜，体菜，二十日大根，宮重大根，洋種菜種，黄カラシナ，ナズナ。茄科：蕃椒，蕃茄，*Nicotiana tabacum*, *N. glutinosa*, *N. rustica*, *N. sylvestris*，サルメンバナ，白花洋種朝鮮朝顔，ツクバネアサガオ。菊科：百日草。藜科：ホウレンソウ、アカザ、甜菜。瓜科：胡瓜、南瓜。莧科：千日草、アオビユ。ツユクサ科：ツユクサ。

このバイラスは罹病植物汁液を70°C 10分加熱により感染力を失う。

このバイラスは寄主範囲，病徴及び不活性化温度から推察すれば胡瓜モザイクバイラスに属するものである。

引用文献

土居養二・小室康夫・与良　清・明日山秀文，1950：東京近郊に於いて十字科植物に発生するバイラスの種類について，日・植・病・報，15巻，3～4号，173～174（講演要旨）.

小室康夫・明日山秀文，1951：キウリモザイク病バイラスに就いてⅡ．罹病植物と strain に就いて．日・植・病・報，16巻，2号，73（講演要旨）.

小室康夫・明日山秀文，1951：カボチヤモザイク病バイラスに関する研究Ⅰ．寄主範囲．日・植・病・報，16巻，3～4号，182（講演要旨）.

本橋精一，1951：都下に於ける蕃茄及び大根モザイク病原バイラスについて．日・植・病・報，17巻，1号，36（講演要旨）.

奥浦正弘，1950：胡瓜モザイク病の寄主植物．日・植・病・報，15巻，3～4号，167（講演要旨）.

田中一郎・大島信行，1952 a：大根のモザイク病．北日本病害虫研究会年報，第3号，75～76（講演要旨）.

田中一郎・大島信行, 1952 b : 北海道に於ける十字花科植物のバライス病 第1報 整立菜のモザイク病. 北海道農試彙報 第64号, 95～107.

POUND, G. S. & J. C. WALKER., 1948 : Strains of cucumber mosaic virus pathogenic on crucifers. Jour. Agr. Res., 77, 1～12.

SMITH, K. M., 1937 : Textbook of Plant Virus Diseases. J. & A. Churchill Ltd.

Résumé

In this paper an account is given of a virus which was isolated from Japanese radish in autumn of 1951. The symptom on Japanese radish is mild mottling which appears on young leaves about two weeks after inoculation.

The virus is transmitted by the aphid, *Myzus persicae* and mechanical inoculation with carborundum.

The virus was infectious to following species. Cruciferae : *Brassica oleracea* var. *capitata*, *B. oleracea* var. *gongylodes*, *B. oleracea* var. *botrytis*, *B. japonica*, *B. rapa*, *B. rapa* var. *Komatsuna*, *B. chinensis*, *B. napus*, *B. cernua*, and *Capsella Bursa-pastoris* ; Solanaceae : *Nicotiana tabacum*, *N. glutinosa*, *N. rustica*, *N. sylvestris*, *Salpiglossis sinuata*, *Datura stramonium*, *Lycopersicum esculentum*, *Capsicum annuum* and *Petunia hybrida* ; Compositae : *Zinnia elegans* ; Chenopodiaceae : *Spinacia oleracea*, *Chenopodium album* and *Beta vulgaris* var. *rapacea* ; Cucurbitaceae : *Cucumis sativus* and *Cucurbita moscata* ; Amarantaceae : *Gomphrena globosa* and *Amaranthus retroflexus* ; Commelinaceae : *Commelina communis*.

The virus is inactivated by 10 min. exposure to 70°C.

Considering host range, symptoms, and thermal inactivation point, this virus belongs to Cucumis virus 1.

マメシンクイガによる大豆被害粒率の品種間差異に影響する諸要因に就て[1)]

西島　　浩*　黒沢　　強**

SOME FACTORS AFFECTING VARIETAL DIFFERENCES OF SOY BEAN TO ATTACK BY THE SOY BEAN POD BORER, *GRAPHOLITHA GLYCINIVORELLA* MATSUMURA (LEPIDOPT., EUCOSMIDAE)

By Yutaka NISHIJIMA and Tsuyoshi KUROSAWA

I　緒　　言

マメシンクイガ *Grapholitha glycinivorella* MATSUMURA による大豆の被害は，北日本に於ける大豆栽培上の大きな脅威であり，従つて本害虫に関する研究は古く松村（1898）に始まり，今日までに発表された報告は既に60余編に達している。これらの諸研究に屡々指摘されている重要な事実は，周知の如く，大豆の品種によつて被害に著しい差異があり，しかも年次的にも地域的にも常に低水準の被害粒率を示す品種があることである。それ故に耐虫性品種の育成が本害虫の防除対策上の一要諦と考えられている。然しながら，その基礎となる耐虫性機構[2)]に就ては，更に充分な調査研究を要することは論を俟たない。筆者等は，その第1段階として，多数の要因の総合結果である被害粒率の品種間差異に就て検討を加えた結果，若干の知見を得たので中間報告としてここに報告する。

本文に入るに先だち，常に御指導御鞭撻下さつた当場桑山覚博士に深謝の意を表する。又，種々御教示を賜つた玉川大学農学部岡田一次博士に対して併せて謝意を表するものである。

II　調査材料及び方法

調査材料は総べて昭和26年，札幌郡琴似町北海道農業試験場に設置した試験圃場から採つた。この圃場の1区面積は約4 m²（2.5×1.65 m）長方形，この中の大豆は1株2本立で30株（10株×3畦）で3連制乱塊法とした。播種は5月15日，施肥量及び栽培管理は，北海道農業試験場本場の標準法に従つた。供試品種は昭和25年に於ける予備調査結果に基づき，第1表に示す5品種に限定した。着卵数調査は，8月8日より9月10

第1表　供試品種名とその主要特性

Table 1　Name of soy bean varieties and its characters tested in the present experiments.

特性 / 品種名	草丈	分枝	毛茸の有無多少(色)	開花期	成熟期	被害粒率(昭和25年)
						%
極早生千島	短	少	中　(褐)	7月中旬	9月中旬	19.33
十勝長葉	長	稍多	多　(褐)	7月下旬	9月下旬	17.00
中生光黒	中	中	中　(褐)	7月下旬	10月上旬	40.41
中生裸	中	稍少	なし	7月下旬	10月上旬	9.42
長葉裸1号	稍長	中	なし	7月下旬	10月上旬	7.82

1) 本文の一部は昭和26年度札幌農林学会講演会に於て発表した。

2) 本研究では，開花結莢期の早晩，嫩莢期と産卵期の不一致等の主に擬抵抗性（Pseudoresistance, Scheinresistenz）に関連する諸問題は取扱わない。

* 元病理昆虫部昆虫研究室　　** 病理昆虫部昆虫研究室

日まで1日間隔に前記圃場より大豆を抜取り，室内に於て行つた。1回の調査個体は各区1個体宛，即ち各品種3個体宛合計15個体である。卵の探索はルーペ及び小針を以つて行い，大豆の総ての部分に産附された卵数，同部位及び孵化状態に就て記録した。幼虫の莢内潜入，潜入後の行動及び生死に関する調査は，「極早生千島」を除く4品種に就て，8月26日より毎日種子室に空隙があり，且つ幼虫が莢内潜入後間もない莢[3]を各品種合計200莢宛，9月11日より同15日まで，毎日種子室が略々充実し且つ潜入痕ある莢[4]を各品種36莢宛合計180莢宛行い，1莢毎に潜入痕数，同位置，幼虫齢，同生死，死亡幼虫の位置並びに状態，種子加害の有無，莢長，莢幅及び粒数に就て記録した。幼虫の行動特に死亡幼虫に就ては，莢組織を切片として，ルーペ及び顕微鏡下でその行動を検索した。大豆の被害に関する調査は，各区の中央畦から10個体宛，即ち各品種30個体に就て，被害莢数，無被害莢数，潜入痕数，被害粒数，無被害粒数及び生存幼虫数を記録した。

III 調査經過

調査圃場に於ける大豆各品種の発芽並びにその後の生育状態は，比較的良好であつた。各品種の開花始期，同揃期は第3表の如く，例年と大差なかつた。捕虫網による掬取調査によつて，成虫を最初に発見したのは7月26日で，前年より3日早かつた。然し，発蛾最盛期は8月第3～第4半旬に認められ，これは例年と同様であつた。成虫の産卵期及び幼虫の発育期に相当する8月～9月に於ける調査地の気象要素は，第2表に明らかな

第2表　開花期及び気象状況

Table 2 Flowering time of the soy bean varieties and some climatic conditions in the summer of 1951.

品種名	開花始期	開花揃期	気象要素	8月 1951	8月 平年差	9月 1951	9月 平年差
極早生千島	7月7日	7月14日	平均の最高気温(C°)	30.8	+2.9	21.5	−0.6
中生光黒	7月27日	8月1日	平均の最低気温(C°)	19.0	+1.2	11.2	−0.9
十勝長葉	7月28日	8月3日	平均の平均気温(C°)	24.8	+2.0	16.4	−1.0
中生裸	7月13日	7月29日	平均の湿度(%)	68.9	−3.0	69.3	−3.6
長葉裸1号	7月31日	8月8日	総降水量(mm)	46.3	−44.5	154.7	−21.1

如く，8月の気温は平年より高く，9月に於て稍低温となり，降水量は一般に少なかつた。以上を総合すれば，気象条件は例年通り若干の変動が見られたが，大豆の生育状態及びマメシンクイガの発生状況は，特に異常ではなかつたと考えられる。

IV 調査結果

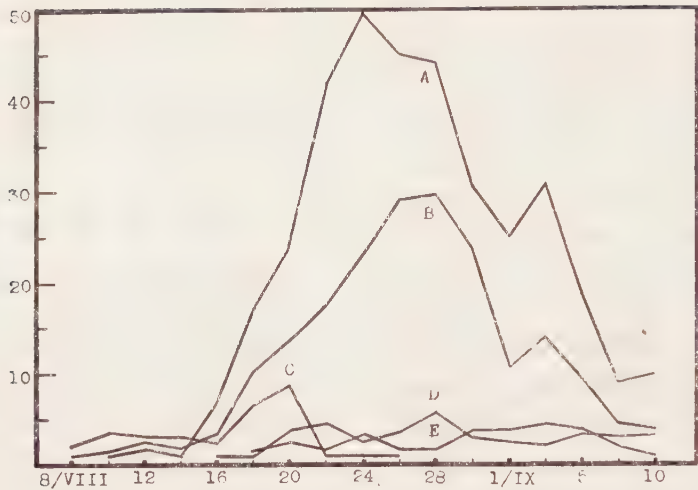
(A) 卵期間に於ける大豆の品種間差異

(1) 着卵数の消長：各調査日に於て認めた未孵化卵のみの大豆1株当り平均値を，品種別に図示すれば第1図の如くである。即ち，着卵期間は8月上旬～9月中旬，その頂点は8月下旬に認められ，内田・岡田（1940）の報告に良く一致することを認めた。然し品種別に比較すれば，成虫の発生初期である8月上旬に既に莢の伸長停止期に達した「極早生千島」は，着卵期が早く，且つその初期に於て他品種より着卵数が多いが，莢が黄変期に達した8月22日前後から急に減少し，8月27日以後には着卵を認めなかつた。成虫の発生最盛期と莢の伸長期とが稍ずれている斯る早熟品種の着卵期間が，短期間で着卵数も比較的少なかつたことは，従来の知見から予想されることである。次に，莢の伸長期が著しく異らない他の4品種では，多毛茸品種が8月20日頃から急激に着卵数を増し同月下旬に大きな頂点を示すのに対し，裸品種[5]は何時も少数宛の着卵が認められただけであつた。

(2) 着卵数：各調査日に認めた未孵化卵と孵化

3) 潜入孔より飴色の液が滲出するから明瞭に判定し得る。液汁は間もなく乾燥して白粉状又は黄褐色の汚斑となる。

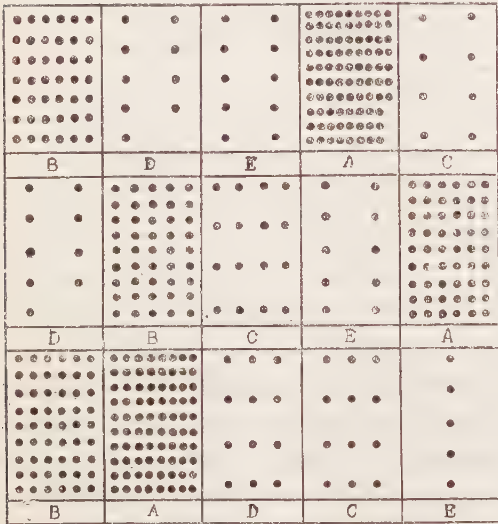
4) 潜入痕は暗褐色の微小斑点で且つ白色の絹糸残痕物が附着している場合が多いから，莢が褐変しない限り容易に識別し得る。



第1圖 品種別着卵数の消長

Fig. 1 Prevalence of egg deposition of pod borer on the five varieties of soy bean.

註 A. 十勝長葉, B. 中生光黒, C. 極早生千島, D. 中生裸, E. 長葉裸1号を示す。



第2圖 圃場に於ける着卵数

Fig. 2 Number of eggs laid by pod borer in the experimental field.

註：1黒点10粒を示す。品種記号は第1図に同じ。1区約4 m^2。

卵との合計は，圃場の調査区別に第2図に示し，それらの総着卵数に対する比率は第3表に示した。第3表に於て，Block 間の着卵率，及び早熟品種「極早生千島」と裸品種との着卵率は，何れも統計的に有意な差異がない。然し，中熟品種中では，多毛茸品種と裸品種との間に極めて顕著な差異が認められる。即ち，着卵は「十勝長葉」が最も多く，「中生光黒」もまた極めて多いのに対し，「中生裸」,「長葉裸1号」では僅少であつた。この差異は，成虫の産卵期間中何時でも認められ（第1図），更に，1品種約4 m^2 宛夫々相接して栽培された小圃場内に於ても明瞭に認められた（第2図）。これらの事実は，従来の知見に強い支持を与えると共に，かかる著しい着卵数の差異は，爾後の加害量を相違させる1要因として認めざるを得ない。

第3表 品種の Block 別着卵率（%）

Table 3 Percentage of egg deposition of pod borer on the five varieties of soy bean.

Block / 品種名	A	B	C	計
極早生千島	2.52	3.52	1.75	7.79
中生光黒	11.72	10.63	8.95	31.30
十勝長葉	17.59	11.61	19.01	48.21
中生裸	2.58	1.97	2.80	7.35
長葉裸1号	1.16	2.10	2.10	5.36

(3) 着卵部位：各品種に認められた総着卵数の着卵部位別百分比を示せば第4表の如くである。同表によれば，卵は大豆個体表面の殆んど総べての部分に認められるが，卵が最も多く産付される部分に於て，多毛茸品種と裸品種とは明瞭に異

---

5) 裸品種といわれるものでも莢表面の毛茸を全く欠如している品種は稀であるが，毛茸の長さ及び密度に於て多毛茸品種とは一般に肉眼で識別し得る程の差異がある。本文では裸品種とは毛茸の長さ 0.2mm 以下の品種をいう。

第4表　品種別着卵部位 (%)

Table 4 Position of eggs laid by pod borer on the five varieties of soy bean.

品種名＼着卵部位	莢	托葉内側	托葉外側	蕚	莢柄	茎	葉柄	葉軸	小葉
極早生千島	92.98	0	0	0	0.85	3.65	2.35	0	0
中生光黒	77.92	1.54	9.35	2.38	0.77	2.31	3.91	0.93	0.35
十勝長葉	82.49	0.68	2.81	1.72	2.59	3.04	5.40	0.91	0.36
中生裸	5.95	75.60	1.49	9.52	2.38	2.98	2.08	0	0
長葉裸1号	2.45	30.82	2.04	11.43	1.22	0.82	1.22	0	0

る。即ち，多毛茸品種では莢に産付される卵が77%以上を占めるのに対し，裸品種では托葉内側が75%以上，次いで蕚が10%内外を示し，莢には極めて少ない。又，同じ托葉でも茎又は莢柄に接する部面，即ち内側と外側とでは著しい差異があつた。なお，以上の如き着卵部位の品種群間差異は，各調査日に常に認められ，時期的な変化を認めなかつた。

(4) 天敵：卵の寄生蜂として *Trichogramma jezoensis* Ishii が知られているが，本調査では全く認められなかつた。アザミウマ1種及びハナカメムシ1種は成虫幼虫共に，卵に口吻をつき刺して内容を吸食することを認めた。然し，これらの捕食虫による卵の被害は，着卵総数から見れば極めて僅少であり，且つその品種間差異も認められなかつた。

(B) 幼虫期間に於ける大豆の品種間差異

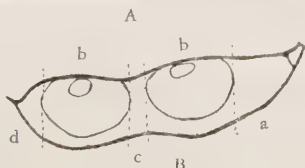
(1) 孵化と潜入行動：孵化率は，筆者等が圃場及び卵接種実験で観察したところでは，77～100%の間で，その品種間差異は認められなかつた。孵化は普通極めて短時間で，幼虫は卵殻を脱すると直ちに活潑に歩行する。莢上で適当な潜入位置を定めた幼虫は，吐絹して自己の体を被覆する程度の白色繭状の細長い筒を作るが，時には筒を作らずに潜入する場合もある。筒内の幼虫は，筒先から頭部を出して莢組織を咬食しながら小孔を穿つて漸次莢内に潜入する。潜入行動開始から幼虫体が小孔内に没するまでは，1～2時間を要し，この間数回脱糞する。かような一連の潜入行動もまた品種間差異を認めなかつた。

(2) 潜入位置：幼虫の莢内潜入位置は，莢の大小及び生長過程に於ける変化を認め得ないので，8月下旬から9月中旬に亘る調査結果を総括して第5表に示した。同表に明らかな如く，潜入位置は殆ど上位又は下位縫合線に近接した部分（第3図）に限られ，特に前者が80%以上を示し，従来の知見（桑山，1928, 1938；内田・岡田，1940）に良く一致することを認めた。又，同じ縫合線に近い部

第5表　品種別潜入位置

Table 5 Penetrating point on pods of the four varieties of soy bean.

品種名	調査莢数	A (上位縫合線) a	b	c	d	B (下位縫合線) a	b	c	d	莢身	計
中生光黒	380	5	399	19	1	0	97	1	0	0	522
十勝長葉	380	3	374	45	4	0	98	0	0	2	526
中生裸	380	7	343	17	1	2	72	0	0	0	442
長葉裸1号	380	2	369	15	2	1	71	1	0	0	461
計	1520	17	1485	96	8	3	338	2	0	2	1951
比率 (%)	—	0.86	76.11	4.92	0.41	0.15	17.32	0.10	0	0.10	—



第3圖
大豆の莢
Fig. 3
Pod of soy bean.

分でもbの部分，即ち種子に到達するのに最も近い部分に集中していることは，興味ある事実と考えられる。然し，潜入位置の品種による差異は認められなかつた。

(3) 莢内潜入前後の幼虫の生死：幼虫が莢上に

潜入位置を定めてから，莢組織を通過して種子に達するまで，及びその後の状態は，莢表面に印された潜入痕と，莢内幼虫に生死及び加害状況を詳細に検することによつて確認し得る。かようにして求められた潜入痕数に対する死亡幼虫数の比率，即ち幼虫の死亡率は，8 月下旬，幼虫が潜入直後の莢（潜入後凡そ 2 日以内），9 月中旬，単に潜入痕ある莢，及び 9 月下旬，大豆被害調査と同時に各個々の総ての莢に就て行つた結果とに区別し，夫々第 6，第 7 及び第 8 表に示した。

第 6 表　品種別幼虫死亡率（8 月下旬）

Table 6 Larval mortality within pods of the four varieties of soy bean at the end of August.

品種名	調査莢数	莢長平均 cm	莢幅平均 cm	潜入痕数	死亡幼虫数	生存幼虫数	幼虫死亡率 %
中生光黒	200	4.26	1.28	218	42	176	19.27
十勝長葉	200	4.21	1.09	200	51	149	25.50
中生裸	200	4.05	1.13	211	39	172	18.48
長葉裸 1 号	200	4.15	1.15	211	44	167	20.85

備考　幼虫死亡率の検定　$\chi^2=3.935$

第 7 表　品種別幼虫死亡率（9 月中旬）

Table 7 Larval mortality within pods of four varieties of soy bean at the middle of September.

品種名	調査莢数	莢長平均 cm	莢幅平均 cm	潜入痕数	死亡幼虫数	生存幼虫数	幼虫死亡率 %	調査日別幼虫死亡率 (%)				
								11/IX	12/IX	13/IX	14/IX	15/IX
中生光黒	180	4.78	1.44	304	100	204	32.89	31.00	30.63	29.41	32.42	36.03
十勝長葉	180	4.32	1.18	326	174	152	53.37	48.53	52.63	57.14	54.29	57.01
中生裸	180	4.15	1.16	231	61	170	26.41	22.00	26.55	29.00	26.77	28.44
長葉裸 1 号	180	4.91	1.24	250	156	94	62.40	58.33	67.31	62.30	64.05	60.00

備考　幼虫死亡率の検定　$\chi^2=90.203^{**}$　調査日別分散分析 品種間変動 $=478.887^{**}$　調査日間変動 $=8.197^{**}$
（$P=\mathrm{Sin}^2\theta$ 変換による計算）

第 8 表　品種別幼虫死亡率（9 月下旬）

Table 8 Larval mortality within pods of the four varieties of soy bean at the end of September.

品種名	調査莢数	潜入痕数	死亡幼虫数	生存幼虫数	幼虫死亡率 %	Block 別幼虫死亡率 (%)		
						A	B	C
中生光黒	866	1391	686	705	49.32	50.01	45.97	51.35
十勝長葉	1976	2637	1834	803	69.55	71.25	66.74	70.19
中生裸	1683	1420	710	710	50.00	47.67	51.49	49.64
長葉裸 1 号	1191	953	649	304	68.10	70.74	67.11	68.62

備考　幼虫死亡率の検定　$\chi^2=243.356^{**}$　Block 別分散分析 品種間変動 $=134.723^{**}$　Block 間変動 $=1.770$
（$P=\mathrm{Sin}^2\theta$ 変換による計算）

第 7 表によれば，幼虫死亡率は，幼虫が莢内潜入直後に於て既に 20 % 内外に達し，第 8 表に於ては更に増加し，第 9 表に於ては，各品種共 49 % 以上の高率を示している。即ち，幼虫死亡率は，調査時期が遅くなるに従つて各品種共一般に高率となることが明らかである。これは略々限定された莢数（8 月末以後の落莢は極めて少ない）に対して，孵化幼虫が次々と潜入する為，時日の経過と共に潜入痕数が或程度まで増加するが，幼虫死亡数はそれ以上に漸次累積して行く為と考えられる。次に，死亡率の品種間差異は，第 6 表即ち潜入直後に於て「十勝長葉」と「中生裸」とが稍差があるように見えるが，統計的有意性を認めなかつた。これに対して第 7 〜第 8 表に於ては，品種

間差異が明瞭となり，「十勝長葉」,「長葉裸1号」に於て比較的高率を示し，「中生光黒」及び「中生裸」では低率であつた。従つて，幼虫死亡率の著しい品種間差異は，幼虫が莢内潜入後の環境抵抗の差異に基づくものと考えられ，これは，被害粒率差異をもたらす一つの重要な因子であると思われる。然し，岡田・尾池（1940）は，大豆被害率の年次変動の原因に就て論じ，満洲に於ては多数の品種の莢を割つて見ても殆ど死亡幼虫の死体を認めなかつた[6]ことから，莢内幼虫の死亡率は極めて低いものと推定した。従つて北海道に於ける本調査結果とは全く相反するのであるが，大部分の幼虫の死亡は，次項に述べる如く第1～第2齢間に莢組織内外に起り，その微小な幼虫の死体は，単に莢を割つただけでは確認し得ない場合が多いと思われる。

(4) 死亡幼虫の齢並びに死亡位置：第7表及び第8表に示した死亡幼虫に就て，その齢と死亡位置を示せば第9表の如くである。同表に於て，死亡幼虫の位置は下記の区分に従つて調査したものである。

（a） 莢内に潜入行動を起し，潜入せんとするが莢組織中に潜入しない中に死亡したもの（幼虫死体はその穿孔から流出した液汁中に認められる）。

（b） 莢内に潜入行動を起し，潜入した莢組織中で死亡したもの（幼虫死体は莢組織の穿孔中に認められる）。

（c） 莢組織を通過して莢内に潜入するが，種子又は種子室に達し得ず，或は種子実質を食害し得ずに死亡したもの（幼虫死体は主に種子周辺の組織中に認められる）。

（d） 種子実質に穿孔して僅かに食害するが間もなく死亡したもの（幼虫死体は種子の周縁又はその穿孔中に認められる）。

第9表によれば，死亡幼虫は第1～第2齢のものが大部分を占め，第3齢以後のものは極めて少ない。又，この傾向は各品種に共通して認められる。即ち，幼虫の死亡は第1～第2齢間に多く起り，その品種間差異はないと考えられる。

第9表　品種別死亡幼虫の齢及び死亡位置

Table 9 Stage and position of the dying larvae within pods of the four varieties of soy bean.

区分	品種名	死亡幼虫の齢			死亡位置（%）				
		1	2	3	a	b	c	d	不明
第6表の死亡幼虫数の内訳	中生光黒	40	2	0	4.76	57.14	21.43	16.67	0
	十勝長葉	47	4	0	0	92.16	7.84	0	0
	中生裸	37	2	0	2.56	58.97	23.08	15.38	0
	長葉裸1号	41	3	0	2.27	75.00	13.64	9.09	0
第7表の死亡幼虫数の内訳	中生光黒	83	17	0	4.00	31.00	61.00	4.00	0
	十勝長葉	131	35	6	0	10.92	85.63	2.30	1.15
	中生裸	49	9	2	0	24.59	73.77	0	1.64
	長葉裸1号	113	38	4	0	14.10	84.62	0.64	0.64

次に，幼虫の死亡位置は，潜入直後に調査した場合には，各品種共bの部分，即ち莢組織中で死亡したものが最も多く，夫々50％以上である。これは前項に於て述べた潜入直後に死亡した20％前後の幼虫の中，その大半が穿孔中に莢組織中で死亡したことを意味する。これに対して，潜入後或程度時日を経過したと考えられる9月中旬に調査した場合には，cの部分，即ち莢組織通過後に死亡したものの比率が各品種共60％以上を占めた。この相違は，潜入行動の初期に死亡する一部の幼虫は莢組織穿孔中で死亡するものが多いが，大部分の幼虫は莢組織通過後莢内で死亡するものが多いことを示すものと考えられる。次に死亡位置の品種間差異に就て見れば，前記の如く各品種共b或はcの部分に最も多いが，その比率は有意的に異つて居り，死亡率の差異と同様な傾向が認められる。即ち，第1～第2齢幼虫に対する

6) 岡田氏よりの昭和27年12月17日附書信により確認。

環境抵抗は，特に莢内部に於て強く，その強さは品種によつて異るものと考えられる。

(C) 大豆被害の品種間差異

大豆の被害に関する調査結果は第10表に示した。被害は被害莢率及び被害粒率を以つて表現したが，両者間には高い正の相関関係($r=+0.987$)が認められる。被害粒率は，14.23～61.52％，平均34.37％で，札幌地方に於ける平年より稍々低い

第 10 表　品種別大豆の被害

Table 10 Infestation of seeds caused by larvae of the four varieties of soy bean.

品種名	生存幼虫数	総莢数	被害粒数*	総粒数	被害粒数	被害莢率 %	被害粒率 %	1幼虫当り加害粒数	Block 別被害粒率 (%) A	B	C
中生光黒	705	866	590	1458	897	68.13	61.52	1.27	60.22	63.20	62.94
十勝長葉	803	1976	748	3947	1074	39.68	27.21	1.34	26.01	29.20	28.92
中生裸	710	1683	659	2841	981	39.17	34.53	1.38	40.64	33.24	33.69
長葉裸1号	304	1191	290	2771	394	24.35	14.23	1.30	15.26	13.07	14.08

備考　Block 別分散分析 品種間変動＝466.743**　Block 間変動＝2.190　($P=\mathrm{Sin}^2\theta$ 変換による計算)

* 種子実質が加害された莢数のみを示し，単に潜入痕だけ認めた莢は含まない。

数値を示したが，品種による被害順位は平年と略々同様であつた。1幼虫当り加害粒数は，1.3粒内外で品種間差異が認められず，従つて生存幼虫数と被害粒数とは高い相関関係 ($r=+0.994$) にある。然るに被害粒数と被害粒率との間では相関関係が認められない。総粒数が著しく異るためである。即ち，被害粒率は総粒数に対する被害粒数の比率であるから，被害粒の絶対数が多くとも総粒数が多ければ被害粒率は低下し (「十勝長葉」)，逆に総粒数が少なければ被害粒が特に多くなくとも被害粒率が高くなつている (「中生光黒」)。このように被害粒率は総粒数の多少によつて著しく左右されている。従つて，被害粒率を直接耐虫性のある要因に結びつけることは妥当ではないと考らえれる。

V 考　察

以上述べた調査結果に就て，品種間差異を認めたものと認めなかつたものに区別すれば下記の如くである。

(1) 品種間差異を認めなかつたもの
　着卵期間 (「極早生千島」を除く)，孵化率，捕食虫による卵の被害，幼虫の潜入行動，同位置，死亡幼虫の齢，同位置，1幼虫当り加害粒数。

(2) 品種間差異を認めたもの
　着卵数，着卵部位，幼虫の死亡率，被害粒率，総粒数。

品種間差異を認めなかつたものは，被害差異の要因として殆んど関係ないものと考えられるから，以下第2項に就て考察を進めたい。さて，品種間差異を認めたもののうち，着卵数は裸品種群と多毛茸品種群との間に極めて顕著な差異が認められた。従来の知見と同様に，裸品種群の着卵数は極めて少ないのである。かような着卵数の差異は，成虫の産卵に於ける寄生選好性 (Preference) に基づくことが明らかであるが，それが成虫の如何なる機作によつて，又大豆品種の如何なる特性によつて左右されるかが問題である。既述の如く，着卵数差異の要因としては，毛茸の有無多少が確認され，更に品種による匂いの差異が推察されている。然し，後者は現在までの諸調査では，その推察を支持し得る材料は1つもなく，又実験的根拠もない。吉野・尾崎 (1951) は，毛茸の密度，同長さ及び着卵数に於て，裸品種群と多毛茸品種群との間に顕著な差異を認め，従来の知見を再確認した。同氏等の測定結果によれば，毛茸の密度は夫々の品種群内に於ても相当な変異があるが，着卵数とは無相関である点を注意しなければならない。然しながら，裸品種群と多毛茸品種群との間に認められるような毛茸の密度及び長さの判然とした"顕著な"差異は，着卵数の差異に影響する1要因であろうことは疑いないと思われる。

着卵部位は，着卵数と同様に裸品種群と多毛茸群との間に顕著な差異が認められた。即ち，多毛茸品種群では大部分の卵が莢に産付されるのに対して，裸品種群では莢に産付される卵は稀であつて，托葉内側に極めて多い。この差異は，産卵に

於ける寄主選好性の要因に関聯して興味ある事実と思われるが，一方桑山（1938）が指摘した如く，莢以外で孵化した幼虫の運命が極めて不安のように考えられるならば，この差異も亦幼虫の莢内潜入数及び加害量に関係し，従つて，被害粒数の多少に影響する1要因となるであろう。然し，本調査結果では，大多数の卵が莢以外の部分で孵化したと考えられる裸品種群に就ても，莢内には少なからぬ幼虫が認められている（第10表）。従つて，着卵部位の差異によつて，孵化幼虫の莢内潜入数が異るかどうかは，今後の実験的証明を俟たなければならない。

次に，筆者等（1951）がさきに指摘した如く，幼虫の死亡率は裸品種群，多毛茸品種群の区別なく，明らかな品種間差異が認められた。調査した品種中では，長葉系統の品種に於て死亡率が高いのである。死亡幼虫の齢及び位置から判断すれば，幼虫の死亡は主に第1～第2齢間の幼齢期に起り，各品種共一般に多いが，幼虫が莢組織を穿孔通過するまでは著しい品種間差異が認められない。然るに，その後幼虫が種子を食害する前後までの期間に死亡率の明らかな差異が現われて来るのであつて，この差異は，第1～第2齢幼虫に対する莢内の環境抵抗が異る為と考えられる。かような若齢幼虫期に於ける幼虫の死亡は，虫害に対する植物の耐虫性機構の中で1つの重要な地位を占める antibiosis の特徴として知られ，従来多数の例が報告されている。その原因は，昆虫と植物との営養生理的或は物理的相互関係の中で追求されているが，本害虫の幼虫に対する莢内の環境抵抗の差異が，その何れに属し，如何なる関係にあるかは，今後の詳細な研究を要するであろう。

以上の如き加害の差異を経過して，被害粒率は，従来の調査結果と殆んど同様な品種間差異を示した。既述の如く，被害粒率の高低は本害虫の加害のみならず，主に品種固有の生産力に関係あると考えられる総粒数の多寡によつて著しい影響を受けた。被害粒の絶対数が多くとも総粒数が多ければ[7]被害粒の割合が或程度まで補われるのは明らかであつて，筆者等は従来の知見（Johnson et. al., 1935；Painter, 1951；湯浅，1952）に従つて，これを被害補償性（tolerance）に属せしめた。即ち，多毛茸品種「十勝長葉」は，着卵数は多いが莢内幼虫の死亡及び総粒数が多い為に，又「長葉裸1号」は，着卵数僅少な上に更に幼虫の死亡率が高く粒数も比較的多い為に，被害粒率が夫々低率を示すものと考えられる。従つて，大豆の被害粒率の品種間差異は，本調査品種中では，毛茸の顕著な差異による成虫の寄主選好性，幼虫に対する antibiosis，及び被害に対する補償性の差異に基づくものと考えられる。本文は，マメシンクイガに対する大豆品種の耐虫性の片鱗をうかがい得たに過ぎないが，その機構には植物の耐虫性に関する3主要因の総てが含まれるものと考えられ，それらは環境諸条件の変動に関連して更に複雑な様相を呈するであろう。

7) ここに指摘するまでもなく，総粒数が多い品種とは，必ずしも収量が多い品種を意味するものではない。津田（1936）が被害粒率と粒の大小との間に相関関係を認めた事実は，被害補償性に関連して意味深いように思われる。

VI 摘　　要

1. 本文は，マメシンクイガの加害による大豆の被害粒率が品種によつて差異を示すまでの経過を分析したもので，次の結果が認められた。

2. 着卵数及び着卵部位は，裸品種群と多毛茸品種群との間に顕著な差異が認められた。

3. 幼虫の死亡率は，幼虫が莢内潜入後第1～第2齢期間に於て，裸品種，多毛茸品種の区別なく，品種による差異が認められた。

4. 更に，大豆の各品種の夫々の総粒数の顕著な差異は，本害虫による被害粒率に大きな影響を与えていることを指摘した。

5. 従つて，本害虫に対する大豆の耐虫性は，成虫の産卵に対する多毛茸品種の被選好性を再確認すると共に，新たに，莢内幼虫に対する antibiosis，及び被害に対する補償性の差異を認め，この3要因が夫々耐虫性機構に関係していることを指摘した。

参考文献

1. 古谷義人（1950）：大豆の稔らない原因．〔農業及園芸，25（11），992～994〕
2. Johnson, H. W. & Hollowell, E. A.（1935）：Pubescent and glabrous characters of

soybeans as related to resistance to injury by the potato leafhopper. 〔Jour. Agr. Res., 51, 257～279〕

3. 桑原武司 (1950) : 大豆莢蠹虫の被害と品種との関係.〔北海道大豆協会大豆増産資料, 第2輯, 1～21頁〕

4. 桑山 覚 (1926) : 大豆の害虫とその防除法.〔北海道農試彙報, 第39号, 1～94頁〕

5. Kuwayama, S. (1928) : Notes on *Laspeyresia glycinivorella* Matsumura, the Soy Bean Pod Borer. 〔Jour. Coll. Agr. Hokkaido Imp. Univ., XIX (5), 261～282〕

6. 桑山 覚 (1938) : 大豆莢蠹虫の生態に就きて.〔日本学術協会報告, 13 (4), 581～585〕

7. 桑山 覚 (1942) : 大豆害虫キタバコガとマメシンクヒガに就て.〔北海道庁経済部食糧増産技術研究会資料, 第5輯, 1～9頁〕

8. 西島浩・黒沢強 (1952) : マメシンクイガに対する大豆の耐虫性に関する研究 (第1報).〔北日本病害虫研究会年報, 第3号, 114頁〕

9. 岡田一次 (1938 a) : 満洲産ダイヅシンクヒガの産卵と莢の大小との関係.〔農業及園芸, 13 (4), 973～978〕

10. 岡田一次 (1938 b) : 満洲産ダイヅシンクヒガ産卵と荳科植物数種との関係.〔応動雑., 10 (1), 8～17〕

11. 岡田一次 (1940) : ダイヅシンクヒガの産卵習性特に大豆品種との関係に就いて.〔公主嶺農試時報, 第32号, 93～105〕

12. 岡田一次 (1943) : ダイヅシンクヒガに関する研究.〔日満農政研究報告, 第27輯, 1～30頁〕

13. 岡田一次 (1948) : ダイヅシンクヒガに関する研究.〔寒地農学, 2 (3), 193～239〕

14. 岡田一次・尾池一清 (1939) : ダイヅシンクヒガ防除上より見たる大豆播種期の問題 (予報).〔満洲農学会誌, 1 (3), 181～185〕

15. 岡田一次・尾池一清 (1940) : 大豆虫喰率増減の原因に就て (予報).〔満洲農学会誌, 2 (4), 531～536〕

16. 岡田一次・尾池一清 (1942) : 裸大豆の耐虫性に就て (予報).〔満洲農学会誌, 3 (3/4), 353～363〕

17. Painter, R. H. (1941) : The economic value and biologic significance of insect resistance in plants. 〔Jour. Econ. Ent., 34 (3), 358～367〕

18. Painter, R. H. (1951) : Insect resistance in crop plants. 〔MacMillan Company, 520 pp.〕

19. Roemer, Th., Fuchs, W. H., Isenbeck, K. (1938) : Die Züchtung resistenter Rassen der Kulturpflanzen. 〔Kühn-Archiv, Bd., 53, 427 pp., besonders s. 53～96〕

20. 津田守誠 (1936) : 大豆虫喰豆の研究.〔満鉄農試研究時報, 第16号, 1～47〕

21. 内田登一・岡田一次 (1937 a) : 満洲に於けるダイヅシンクヒガ *Grapholitha glycinivorella* Matsumura の生活史 (予報).〔昆虫, 11 (5), 331～343〕

22. 内田登一・岡田一次 (1937 b) : 満洲産大豆芯喰虫の産卵と大豆莢毛の多少との関係に就いて (予報).〔応動雑., 9 (2), 100～104〕

23. 内田登一・岡田一次 (1940) : 満洲に於けるダイヅシンクヒガ防除の重要性と研究上の諸問題.〔公主嶺農試研究時報, 第32号, 107～134〕

24. 吉野至徳・尾崎薫 (1952) : 昭和26年度大豆に関する試験成績について.〔北海道農試., 1～21. (謄写刷)〕

25. 湯浅啓温 (1952) : 稲稈蠅に対する稲の耐虫性に関する研究.〔農技研報告, C, 第1号, 257～279〕

Résumé

There has been considerable study upon the resistance to attack by the soy bean pod borer, *Grapholitha glycinivorella* Matsumura, which is one of the principal pests of soy bean in Japan, and upon the factors associated with this resistance. Much of this study has pointed out the varietal differences of the percentage of injured seeds caused by feeding of the larvae, the final expression of plant growth and insect infestation. But those studies are inadequate for apprising and comparing inter-related factors affecting the plant resistance. However, no attempt has been made to investigate the process of the attack influencing the varietal differences of injury. In this paper, the writers dealt with the process on the several soy bean varieties in pursuit of a discovery of the leading factors of resistance mechanisms.

Among the results obtained in regard to the

relative differences of soy bean varieties to attack by the pod borer, the outstanding differences were ; (1) the number and position of eggs laid on plants, (2) the larval mortality in pods and, (3) the total number of seeds. Very few eggs were found on the non-hairy varieties in comparison with the hairy ones, as suggested from which the direct and extremely marked effect of non-hairiness in conferring resistance has already been noticed. Moreover, in the case of the non-hairy varieties, the large number of eggs were found on the inner surface of stipule, but in the hairy ones the most eggs were on the pod. After the detailed examinations on the boring into the pod, it was shown that the death of the larvae usually takes place within pod during the first or second instar stages with differences between the soy bean varieties. This death of the very young larvae is probably due to antibiotic factors of resistance, and it appears to be independent of the hairy character.

In the total number of seeds, remarkable differences which exerted some large influence on the percentage of injured seeds were also observed between the varieties. These differences seem to indicate complex phenomena concerned with the differences of yielding ability, repairing power and general vigor of each variety. The writers have come to the conclusion that the resistance of soy bean to the pod borer consists of three predominant factors, to host-preference hairiness, antibiosis to larval development and tolerance.

大豆の感温性，感光性に關する研究
第2報 栽培環境の相違による大豆主要特性の變異と大豆品種の感温性，感光性との關係

尾 崎 薫*

STUDIES ON THE INTENSITY OF RESPONSES TO TEMPERATURE AND DAY-LENGTH DURING THE GROWTH PERIOD OF SOYBEANS
II VARIETAL RESPONSE TO TEMPERATURE AND DAY-LENGTH AND VARIATION IN MAIN ECOLOGICAL CHARACTERS OF SOYBEAN PLANT INDUCED BY DIFFERENT CULTURAL PRACTICES, WITH SPECIAL REFERENCE TO THE TIME AND METHOD OF SEEDING

By Kaoru OZAKI

緒 言

北海道の大豆品種は，夏大豆型が大部分であり，松本 (1942) によればごく一部には中間型品種の栽培も見られると言われていたが，著者 (1952) の研究により，道内優良品種の中には，この外秋大豆型に近い中間型品種もまた含まれていることが明らかにされた。上述の各種生態型の品種は，日長及び気温に対する感応性が異なるので，栽培環境が異なる場合，特に北海道の大豆栽培上重要な役割を果している間作栽培の場合には，単作のそれと気象条件が微視的に異なると考えられるから，各種生態型の品種がそれぞれどのような生育経過を示すか，これによつてどのような生態型の品種が間作栽培に最も適するかを知ることが必要である。又，更に播種期が異なつた場合にも気象的条件が異なつて来るので，これらに反応し各種生態型の品種が示す生育経過を明らかにし，播種期に対する品種の適応性を種生態学的に調べることはまた必要である。即ち，本試験はこれらを明らかにすることによつて，耕種理論を樹立する上に役立ち得るばかりでなく，品種改良上稗益するところが大きいものと考えて実施した。その足らないところは今後の研究により補いたい。

本試験を行うにあたり終始懇篤な御指導を賜つた当場作物部長吉野至徳技官に衷心より御禮を申し上げると共に，御協力を戴いた熊谷健，加納路子両氏に感謝する。

* 作物部普通作物第2研究室

材料及び方法

1. 供試材料

間作試験に於ては，主作物には「春蒔小麦農林29号」を用い，大豆は次の25品種を用いた。

供試大豆品種一覧

The list of experimental materials.

品種	感温性	感光性
蘭越	19.4	34.5
吉岡中粒	15.7	15.0
奥原1号	27.8	15.8
大谷地2号	28.1	22.0
早生裸	21.5	25.2
吉岡大粒	25.0	26.5
中生黒大粒	20.4	33.0
北見長葉	23.2	37.0
中生裸	31.1	33.4
十勝裸	10.9	46.1
十勝長葉	23.7	35・3
中生光黒	23.4	34.6

品種	感温性	感光性
石狩白1号	9.7	43.6
長葉裸1号	18.8	34.9
早生鶴の子	26.0	12.8
丸小粒	13.3	43.6
静内大豆	12.9	40.7
本育65号	19.7	39.8
十育62号	10.3	38.3
三石大豆	11.1	38.9
銀大豆	15.4	44.9
八雲目赤	15.0	43.7
黒莢	13.7	45.1
白小粒（由仁）	15.5	47.3
伊達新大豆	15.4	48.0

播種期試験では，「蘭越」の代りに「樺太—1」を用いた。

2. 試験方法

(イ) 間作栽培の場合：春播小麦は4月20日に畦幅60 cmとして坪当り540粒を条播し，反当魚粕38 kg，硫酸アンモニア11 kg，過燐酸石灰42 kgを施用した。大豆は単，間作区共に5月16日に畦幅60cm，株間20 cmとして1株当り2粒播種し，発芽後間引いて1株1本立とした。単作区には反当硫酸アンモニア12 kg，過燐酸石灰30 kg，塩化加里7 kgを，間作区には塩化加里7 kgを施用した。1区面積は5.3 m²とし，Split plot designによつた。

(ロ) 播種期を異にした場合：畦幅80 cm，株間20 cmとし，1株2粒播種し，発芽後間引いて1株1本立とした。反当施肥量は間作試験と同様にした。播種は5月2日以降15日置きに，7月1日まで5回にわたつて行い，1区面積は1.8 m²とし，Split plot designによつた。

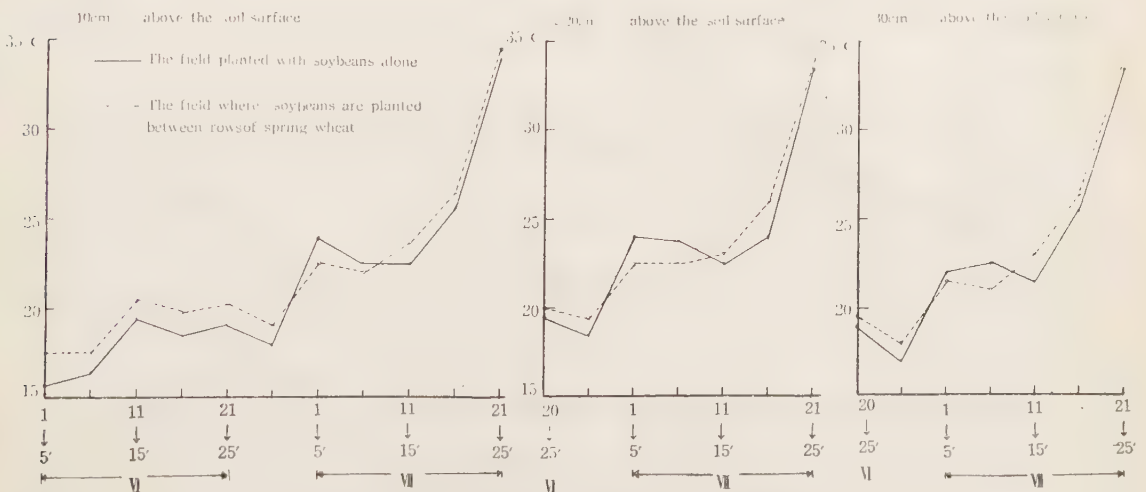
試験結果

I. 間作栽培による大豆主要特性の變異と感温性，感光性との關係

1. 単作，間作両区の微気象的差異：大豆の発芽期後主作物（春播小麦）刈取期までの半旬別平均気温，並びに気温の垂直分布は第1図及び第2図の通りであり，主作物刈取期までの大豆の草高上部に於ける日射量，並びにその日変化の1例を示すと第1表及び第3図の通りである。

第1図乃至第3図，及び第1表によれば，単，間作両区間には微気象上かなりの差異が見られる。即ち，

(イ) 気　　温：間作大豆は単作大豆に較べ，主作物刈取期までは高温のもとに生育する。気温の日変化は，午後は一般に間作区がより高温で，単作区との差は2°C内外となり，日没近くなるに従い両区共に気温は降るが，日没後でも単作区の畦間は放熱速かで間作区より低温を示し，この状態が翌朝日の出前まで続く。日の出後は，単作

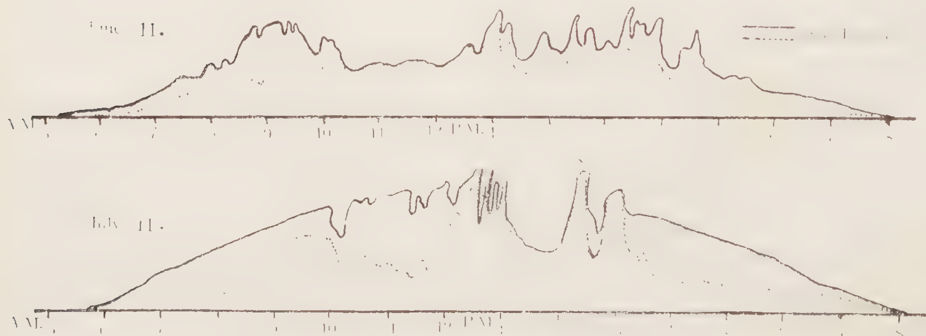


第1圖　主作物刈取期までの単作，間作区の平均気温

Fig. 1 Comparison of air temperature between two soybeans cultivation methods, common planted and interplanted.

第 2 圖 単作，間作区の気温の垂直分布

Fig. 2 Comparison of vertical distribution of the air temperature between two soybeans cultivation methods.



第 3 圖 単作，間作両区の日射量の日変化

Fig. 3 Diurnal variation in insolation energy of two soybeans fields.

区の地面気温の上昇が早く，8時には3.1°C，10時には4.5°C，11時には6.3°C夫々間作区より高温を示すが，間もなく間作区の地面気温も上昇し，両区間の差は少なくなり，12時以降は間作区

が遙かに高温となる。

第1表　単，間作区の半旬別平均日射量

Table 1　Insolation energy. (g. cal/cm²hour)

期　　日	単　作　区	間　作　区	間作区に対する比率%
11/VI — 15/VI	441.6	269.3	61
16/VI — 20/VI	265.1	133.8	50
21/VI — 25/VI	304.9	166.0	54
26/VI — 30/VI	447.6	271.9	61
1/VII — 5/VII	512.8	324.7	63
6/VII — 10/VII	354.9	193.7	55
11/VII — 15/VII	439.3	248.5	57
16/VII — 20/VII	346.8	191.3	55
21/VII — 25/VII	399.9	278.5	70

(ロ)　日　射　量：主作物刈取期までは，間作大豆の受ける日射量は，単作大豆のおよそ 50 ～ 60 %内外である。

2.　生育経過の差異：上述のように単作区と間作区との間には微気象上かなりの差異が認められ，このような環境の下に生育する大豆が，感温性，感光性程度の差異により，生育上如何なる差異を示すかを知ることは極めて興味ある問題である。従来は，間作大豆は一般に単作大豆に較べ徒長するように言われていたが，品種の感温性，感光性程度の差異により必ずしもそのような傾向を示さない。

今，発芽後 10 日毎及び成熟期に測定した単，間作両区の草丈についてのバリアンス分析の結果及び間作による徒長率と感温性，感光性程度との相関関係は第 2，第 3 表の通りであり，生態型の異なる「奥原 1 号」(夏大豆型)と「白小粒(由仁)」(中間型) の伸長生長の変化を示すと第 4，第 5 図の通りである。

第 2 表によれば，発芽後10日，50 日，60 日及び

第 2 表　間作による草丈の変異についてのバリアンス分析

Table 2　Analysis of variance of plant height.

変　動　因	自由度	A	B	C	D
品　　種	24	1.456**	164.701**	323.187**	440.373**
ブ ロ ッ ク	2	0.125	0.885	1.450	28.210
誤　　差 (a)	48	0.169	8.824	22.418	33.206
処　　理	1	8.030**	144.030**	159.480**	1872.670**
Interaction (品 種 × 処 理)	24	0.173	19.825*	43.708**	98.611**
誤　　差 (b)	50	0.287	9.813	10.910	16.073

註 (1)　A，B，C，D は夫々発芽後 10 日，50 日，60 日，70 日目の草丈を示す。
(2)　* は p=0.05，** は p=0.01 の点に於て有意義なことを示す。

第 3 表　間作による徒長率と，感温性，感光性との相関係数 (r).

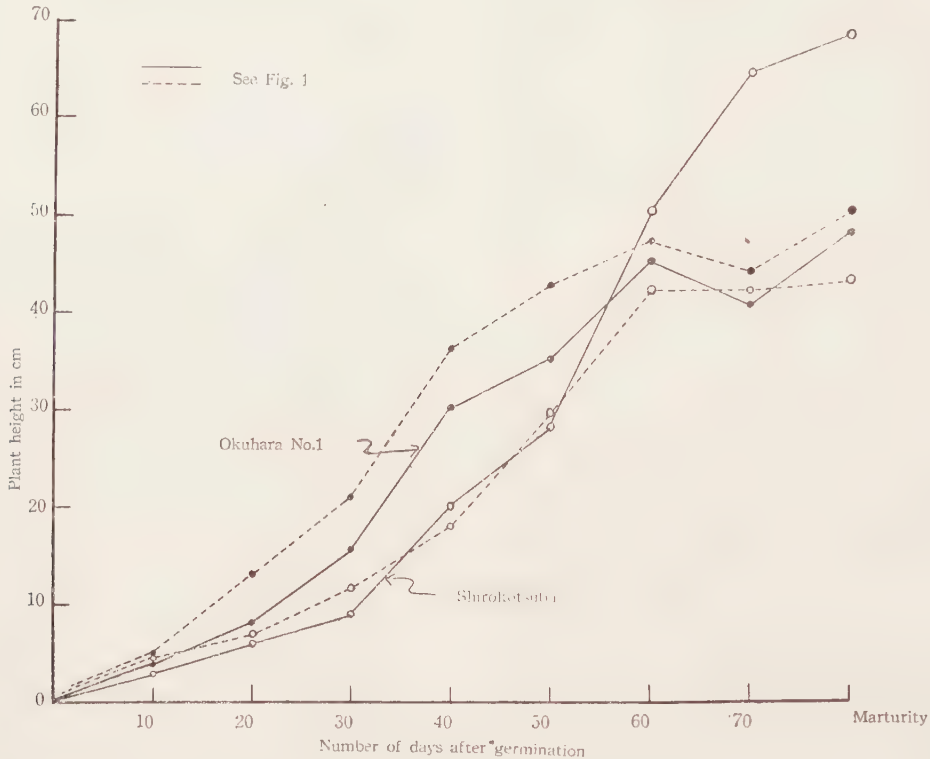
Table 3　Coefficient of correlation of variation in height of interplanted soybeans with the intensity of response to temperature and day-length.

	発芽後の日数							
	10	20	30	40	50	60	70	成熟期
感　温　性	+ 0.209	+ 0.259	+ 0.271	+ 0.041	+ 0.051	+ 0.038	+ 0.127	+ 0.073
感　光　性	− 0.228	− 0.526**	− 0.228	− 0.345	− 0.867**	− 0.556**	− 0,608**	− 0.449**

註　* 及び ** は第 2 表参照。

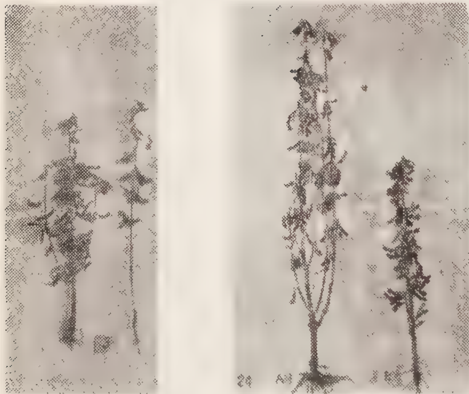
70日目に於ける品種間並びに単，間作区間の草丈の差は極めて有意義であり，一般に発芽後 50 日頃までは間作区の草丈が高く，発芽後 60 日以降は逆に単作区の草丈が高くなる傾向が見られた。しかし，発芽後 50 日以降に於ては，品種と処理との Interaction が示しているように，品種により単，間作区間に見られる草丈は相違するのである。又，第 3 表によれば，間作による徒長率と，感温性程度とは一定の関係は認めがたいが，感光性程度とは，発芽後 20 日及び 50 日以降は極めて顕著

な負の相関関係にあり，感光性の強い品種程間作による徒長程度は少なく，生育後期には，かえって伸長生長が緩慢となり単作区より草丈が低くなる（第4，第5図参照)。



第 4 圖　単作，間作両区の草丈の比較

Fig. 4　Comparison of the plant height.



第5圖　単作，間作両区の成熟期に於ける草丈の比較

Fig. 5　Relaion between the plant height at maturity in the field planted with soybeans (left) and that in the field where soybeans are planted between rows of spring wheat (right).

3．主要特性の変異：上述のように主莖の伸長生長は，単，間作区間及び品種間にかなりの差異が見られ，且つ，感光性程度と密接な関係にあるが，子実收量及び收量の構成要素となる主要特性には，間作により如何なる変異が見られるであろうか。間作大豆の開花期と麦類との共棲期間との関係は第4表の通りであり，間作による大豆主要特性の減少率と感温性，感光性程度との相関係数を求めた結果を示すと第5表の通りである。

又，間作による主要特性の減少率相互間の相関係数を求めた結果は第6表の通りである。

間作大豆は単作大豆に較べ，主要收量構成要素は減少するが，その程度は品種により著しく異なる。即ち，第4表によれば，(1)感温性程度とは主莖莢数の減少率との間にのみ正の相関関係が見られるが，その他の特性の減少率との間には一定の関係は認めがたい。(2)感光性程度とは，分枝数，分枝節数，1株節数，分枝莢数，1株莢数，1,000

第 4 表　間作大豆の開花期と麦類との共棲期間との関係

Table 4 Inter-relationships of dates of flowering of soybeans interplanted and periods of interculture between rows of wheat.

品　種	共棲期間と開花期との差	品　種	共棲期間と開花期との差
	日		日
蘭越	＋ 2	十勝裸	0
吉岡中粒	＋ 15	十勝長葉	－ 2
奥原1号	＋ 12	中生光黒	＋ 2
大谷地2号	＋ 4	石狩白1号	－ 1
中生 ゛裸	＋ 4	長葉裸1号	－ 4
吉岡大粒	＋ 6	早生鶴の子	＋ 1
中生黒大粒	＋ 3	丸小粒	－ 5
北見長葉	－ 2	静内大豆	－ 3
中生裸	－ 5	本育65号	－ 4

品　種	共棲期間と開花期との差
	日
十育12号	－ 1
三石大豆	－ 9
銀大豆	－ 6
八雲白赤	－ 7
黒莢	－ 9
白小粒（由仁）	－ 7
伊達新大豆	－ 9

註　＋は主作物刈取前に開花した事を示す。

第 5 表　間作による主要特性の減少率と感温性，感光性程度との相関係数（r）

Table 5 Coefficient of correlation of rate of variation in leading characters of interplanted soybeans with the intensity of response to temperature and day-length.

	主茎節数	分枝数	分枝節数	1株節数	主茎莢数	分枝莢数	1株莢数	1000粒重量	虫喰歩合	1株粒重
感温性	＋ 0.030	－ 0.005	＋ 0.018	＋ 0.022	＋ 0.403*	＋ 0.136	＋ 0.135	＋ 0.142	＋ 0.354	＋ 0.319
感光性	＋ 0.136	－ 0.471*	－ 0.505**	－ 0.396*	－ 0.278	－ 0.679**	－ 0.662**	－ 0.700**	－ 0.009	－ 0.699**

註　* 及び ** は第 2 表参照

第 6 表　間作による主要特性の減少率相互間の相関係数（r）

Table 6 Coefficient of correlation between rate of variation in leading characters of interplanted soybeans.

	草丈	主茎節数	分枝数	分枝節数	1株節数	主茎莢数	分枝莢数	1株莢数
主茎節数	＋ 0.569**							
分枝数	＋ 0.297	＋ 0.030						
分枝節数	＋ 0.420**	－ 0.100	＋ 0.758**					
1株節数	＋ 0.248	＋ 0.071	＋ 0.782**	＋ 0.982**				
主茎節数	＋ 0.312	＋ 0.207	＋ 0.047	＋ 0.151	－ 0.007			
分枝莢数	＋ 0.460**	－ 0.063	＋ 0.539**	＋ 0.837**	＋ 0.801**	＋ 0.848**		
1株莢数	＋ 0.378	－ 0.057	＋ 0.717**	＋ 0.289	＋ 0.763**	＋ 0.378	＋ 0.774**	
1株粒重	＋ 0.310	＋ 0.113	＋ 0.608**	＋ 0.757**	＋ 0.696**	＋ 0.076	＋ 0.844**	＋ 0.839**

註　* 及び ** は第 2 表参照。

粒重量及び1株粒重の減少率と顕著な負の相関関係が見られ，感光性程度の強い品種程，上記諸特性の間作栽培による減少率の少ないことが明らかである。

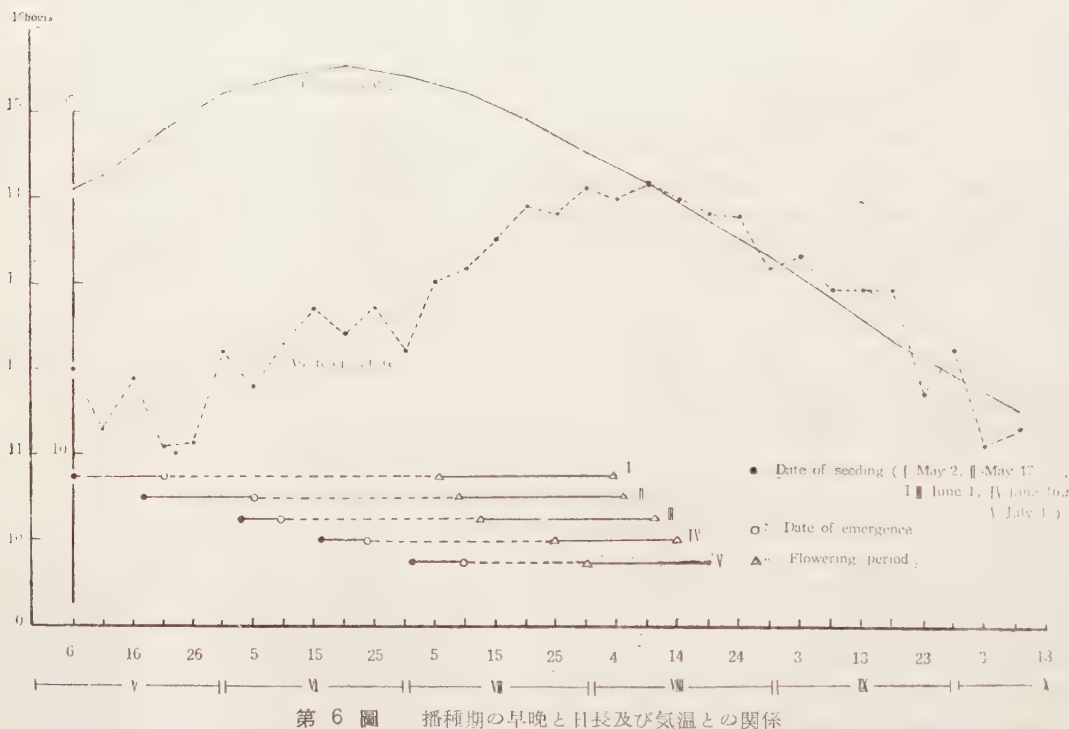
又，第6表によれば，(1) 1株粒重の変異と最も密接な相関を示す特性は，分枝莢数及び1株莢数の変異であり，次いで分枝節数，1株節数及び分枝数の変異であり，何れも顕著な正の相関関係にある。(2) 1株莢数は主茎莢数と分枝莢数とから構成されるが，主茎莢数の変異との相関は顕著でなく，分枝莢数の変異とは極めて顕著な正の相関関係が認められる。(3) 分枝莢数は，分枝節数及び分

枝数の変異と顕著な正の相関関係があり，又分枝節数は分枝数の変異と顕著な正の相関関係にある。(4) 1株節数は，主茎節数と分枝節数とから構成されるが，主茎節数の変異との相関は顕著でなく，分枝節数の変異と顕著な正の相関関係にある。(5) 草丈は，間作により著しい変異を示すが1株粒重の変異との相関関係は認められない。

Ⅱ．播種期の相違による大豆主要特性の變異と感温性，感光性程度との關係

従来，大豆は他の作物に較べて播種期の幅の広い作物のように言われ，大豆の播種期に関して無関心の者が多いように見受けられた。然し，播種期の早晩により，その生育環境，特に日長及び気温にかなりの差異を生ずる故，大豆品種の感温性，感光性程度の相違によつて，その特性に変異が見られるであろうと言うことは容易に考えられる。

1．播種期の相違による気象条件の差異：播種期の早晩と，日長及び気温との関係を示すと第6図の通りである。



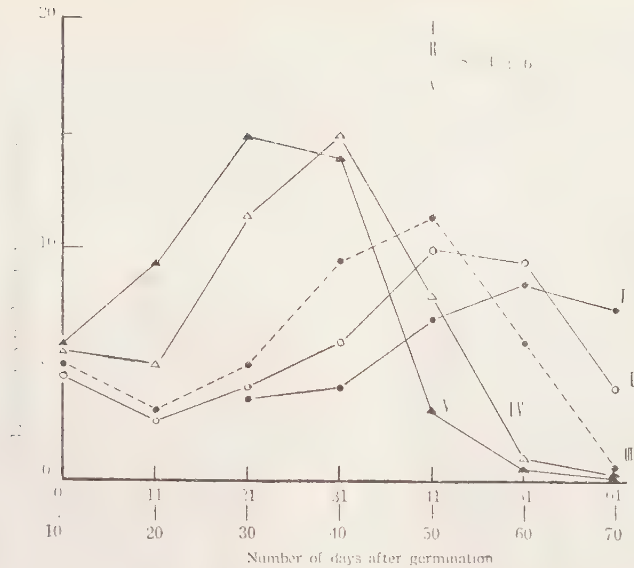
第 6 圖　播種期の早晩と日長及び気温との関係

Fig. 6 Relatin between the date of seeding and length of day or air temperature.

同図によれば，気温はおゝむね5月上旬以降次第に上昇し，8月上旬に最高となり，以後次第に低温となる。日長は5月上旬以降次第に長くなり，夏至当時に最長（15時間22分）となり，以後次第に短縮されて行く。従つて5月2日以降播種期が遅れるに従い，生育初期には早播区に較べ高温の下に生育する結果となり，6月16日以前の播種では早播区程長日長下に生育する期間が長く，6月16日以降の播種では発芽後次第に日長が短縮されて行く環境のもとに生育する結果となる。

2．生育経過の変異：播種期の相違による主茎の伸長生長速度の変異を，単位期間内に於ける主茎生長の増加分の大小によつて示すと第7図の通りであり，播種期の相違による主茎生長の増加分の大小と，感温性，感光性程度との相関関係を示すと第7表の通りである。

第7図によれば，播種期が遅れるに従い，生育初期の主茎生長速度は早くなるが，栄養生長期間は短くなり，生長が早く停止する傾向が見られる。又，第7表によれば，早播の場合には感温性の強い品種程，長期にわたり主茎生長速度が速いが，晩播するに従つてその期間が短くなる。即ち5月2日播（Ⅰ）では発芽後50日頃までは，感温性の強い品種程主茎の生長が早いが，7月1日播（Ⅴ）では発芽後20日前後で，その生長は著しく緩慢となる。しかして感光性の強い品種はほゞ



第 7 圖 播種期の相違による主莖生長増分の変異

Fig. 7 Variation in increment in the height of main stem with different date of seeding.

第 7 表 播種期の相違による主莖生長増分の変異と感温性，感光性との相関係数 (*r*)

Table 7 Coefficient of correlation of variation in increment in the height of main stem with different date of seeding with the intensity of response to temperature and day-length.

播種期 / 発芽後日数	I 感温性	I 感光性	II 感温性	II 感光性	III 感温性	III 感光性	IV 感温性	IV 感光性	V 感温性	V 感光性
日 日 0 ～ 10			+ 0.228	+ 0.175	+ 0.339	− 0.157	+ 0.202	+ 0.124	+ 0.202	+ 0.061
11 ～ 20			+ 0.597**	− 0.686**	+ 0.513**	− 0.641**	+ 0.566**	− 0.628**	+ 0.242	− 0.384
21 ～ 30	+ 0.589**	− 0.402*	+ 0.534**	− 0.355	+ 0.462*	− 0.431*	+ 0.319	− 0.305	− 0.558**	+ 0.270
31 ～ 40	+ 0.294	− 0.423*	+ 0.245	+ 0.054	+ 0.124	+ 0.168	− 0.151	+ 0.521**	− 0.204	+ 0.675**
41 ～ 50	+ 0.266	+ 0.292	− 0.112	+ 0.535**	− 0.244	+ 0.732**	− 0.371	+ 0.781**	− 0.399	+ 0.575**
51 ～ 60	− 0.104	+ 0.382	− 0.918**	+ 0.603**	− 0.349	+ 0.498	− 0.245	+ 0.126		
61 ～ 70	− 0.342	+ 0.683**	− 0.229	+ 0.459*						

註 * 及び ** は第2表参照

これと逆の生育経過を示す。

3. 発芽後開花始までの日数の変異：播種期の相違による開花始までの日数の変異と，感温性，感光性程度との相関係数を求めた結果は第8表の通りである。

第 8 表 播種期の相違による開花始までの日数の変異と感温性，感光性程度との相関係数 (*r*)

Table 8 Coefficient of correlation of variation in number of days before flowering in different date of seeding with the intensity of response to temperature and day-length.

	I区に対する促進率				II区に対する促進率			III区に対する促進率		V区に対する促進率
	II	III	IV	V	III	IV	V	IV	V	V
感温性	− 0.103	+ 0.014	+ 0.063	− 0.031	+ 0.149	+ 0.048	+ 0.265	− 0.221	− 0.052	+ 0.017
感光性	+ 0.254	+ 0.367	− 0.053	+ 0.320	+ 0.320	+ 0.141	+ 0.339	+ 0.028	+ 0.143	+ 0.481*

註 * は第2表参照

上表によれば，(1)播種期が遅れるに従い開花期は時期的には遅れるが，発芽後開花始までの日数は短縮され，早播に較べ開花は促進される。(2)晩播による開花促進率と，感光性程度と相関関係の見られるのは，6月16日播区（Ⅳ）に対する7月1日播区（Ⅴ）の開花促進率との間に於けるだけである。

4.　主要特性の変異：収量構成要素である主要特性の播種期の相違による変異と，感温性，感光性程度との相関関係は第9表の通りで，その成熟期の草状は第8図の通りである。

Karafuto No. 1.



Wase hadaka.



Hon-iku No. 65.



Mitsuishi.



第 8 圖　播種期の相違による成熟期の草丈の比較

Fig. 8 Variation in the plant height at the time of maturity with different date of seeding.　Ⅰ-Ⅱ…Ⅴ See Fig. 6.

第9表によれば，播種期の相違により主要特性に著しい変異が見られ，品種の感光性程度とはかなり密接な関係が見られる。即ち，草丈，主莖節数，分枝数，分枝節数，主莖莢数，分枝莢数及びマメシンクイガによる被害率等は，感光性の強い品種程晩播するに従つて，早播の場合に較べて減少する傾向がある。しかし，上記諸特性の播種期の相違による変異と，感温性程度とは一定の関係は認められない。

本試験では，1株粒重の調査を行わなかつたが，第6表について述べたように，1株粒重の変異と最も密接な相関関係にあるのは分枝莢数の変異であるから，播種期の相違による1株粒重の変異もほゞ分枝莢数の変異と同様の傾向を示すものと考えられる。

考　　察

従来，各種作物に対する大豆の間作試験や，播

第 9 表 播種期の相違による主要特性の変異と感温性，感光性程度との相関係数（r）

Table 9 Coefficient of correlation of variation in leading character in different date of seeding with the intensity of response to temperature and day-length.

	Ⅰ区に対する比率				Ⅱ区に対する比率			Ⅲ区に対する比率		Ⅳ区に対する比率
	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅴ
(1) 草丈										
感温性	+ 0.395*	+ 0.182	+ 0.262	+ 0.321	− 0.071	+ 0.033	+ 0.073	+ 0.167	+ 0.112	+ 0.090
感光性	− 0.246	+ 0.521**	− 0.640**	− 0.901**	− 0.349	− 0.632**	− 0.607**	− 0.455*	− 0.480*	− 0.444*
(2) 主茎節数										
感温性	+ 0.137	+ 0.203	+ 0.213	− 0.080	− 0.030	+ 0.347	+ 0.151	+ 0.322	+ 0.217	+ 0.033
感光性	− 0.261	− 0.480*	− 0.589**	− 0.512**	− 0.291	− 0.613**	− 0.574**	− 0.508**	− 0.559**	− 0.293
(3) 分枝数										
感温性	+ 0.332	+ 0.293	+ 0.145	+ 0.179	− 0.273	− 0.118	− 0.066	− 0.229	+ 0.013	+ 0.160
感光性	− 0.447*	− 0.588**	− 0.399*	− 0.601**	− 0.034	− 0.051	− 0.415*	− 0.028	− 0.427*	− 0.319
(4) 分枝節数										
感温性	+ 0.359	+ 0.146	+ 0.149	+ 0.080	− 0.259	− 0.302	− 0.163	+ 0.013	+ 0.041	− 0.019
感光性	− 0.592**	− 0.360	− 0.564**	− 0.759**	− 0.366	− 0.205	− 0.532**	− 0.124	− 0.514**	− 0.411*
(5) 主茎莢数										
感温性	− 0.256	− 0.088	− 0.010	+ 0.137	+ 0.000	+ 0.095	+ 0.357	+ 0.128	+ 0.146	+ 0.026
感光性	− 0.062	− 0.244	− 0.320	− 0.426*	+ 0.053	− 0.270	− 0.675**	− 0.452*	− 0.207	− 0.439
(6) 分枝莢数										
感温性	+ 0.334	− 0.232	+ 0.208	+ 0.218	− 0.221	− 0.046	+ 0.031	+ 0.305	+ 0.190	+ 0.143
感光性	− 0.106	− 0.656**	− 0.507**	− 0.602**	− 0.269	− 0.522**	− 0.609**	− 0.306	− 0.552**	− 0.377
(7) 1000粒重量										
感温性	+ 0.556**	+ 0.135	− 0.016	− 0.404*	− 0.020	− 0.063	− 0.382	− 0.135	− 0.392*	− 0.354
感光性	− 0.090	− 0.060	+ 0.035	+ 0.064	+ 0.028	+ 0.112	+ 0.093	− 0.0[illegible]	+ 0.134	+ 0.072
(8) 虫喰歩合										
感温性	+ 0.307	+ 0.314	+ 0.329	+ 0.301						
感光性	− 0.559**	− 0.684**	− 0.724**	− 0.746**						

註 * 及び ** は第2表参照。

種期節に関する圃場試験が数多くなされており，それらの結果から間作向品種として数種の品種が奨励され，又播種の適期が云々されて来たのであるが，大豆の単作栽培と間作栽培との生育環境の差異，或いは播種期の相違による生育環境の差異にもとづく大豆品種の生育経過の変異を，生態学的に論議したものを見ない。著者は，北海道に栽培されている大豆品種の生態型を，感温性，感光性程度の差異によつて分類し得たので，間作栽培及び播種期の早晩が，微気象上（特に日長，日射量及び気温について）どのような差異を生ずるかを明らかにすると共に，そのような環境の下に生育する大豆はいかなる生育経過を示すか，又，生育経過に見られる変異と大豆品種の感温性，感光性程度と，どのような関係があるかを検討した。その結果によると

(1) 間作大豆は主作物（春播小麦）の収穫前の期間中は日陰となるため，主作物刈取期までの日射量は，単作大豆のおよそ 50～60 % であり，又主作物は空気の流動を抑制し，夜間の放熱を防ぐため，間作区の気温は単作区に較べ昼夜共に高温で，その差は大約 2° C 内外である（第 1．2．3 図及び第 1 表）。

(2) その結果，生育初期には間作大豆の生育が速く，単作大豆に較べ徒長の傾向を示すが，生育後期（発芽後 50 日以降）には，かえつて間作大豆の生長が緩慢となり，感光性の強い品種ほどこの傾向が早く認められ，且つ甚だしい。従つて感光性の強い品種ほど，単作大豆に較べ草丈は低くなる。日射量の減少は短日処理とは条件が異なるのではあるが，感光性の強い品種に見られるこの草丈の変化は，あたかも短日処理を行つた場合に見られる現象と同様である（第 4．5 図）。

(3) 大豆の生育状態に最も大きな影響を及ぼす時期は，花芽分化後開花期までの期間であり，本試験では間作大豆の麦類との共棲期間と開花期との関係は第 4 表の通りで，一般に感光性の強い品種ほど，花芽分化後麦類の遮蔽下にある期間が短かく，従つて日射量の減少による発育抑制の影響は少ないわけである。それ故，収量構成要素中特に分枝数，分枝節数，1 株節数，分枝莢数，1 株莢数及び 1000 粒重量の間作栽培による減少率と感光性程度とは顕著な負の相関関係を示したものと考えられる（第 5 表）。

(4) 収量構成要素中，1 株粒重の変異と最も密接な関係にあるのは，分枝数，分枝節数及び分枝莢数等，主として分枝上に於ける特性の変異である（第 6 表）。これらの特性の間作栽培による減少率は，感光性の強い品種ほど少ないのであるから，間作栽培による子実収量の減少率も，当然感光性の強い品種に於て少なくなつたものと考えられる。

(5) 以上の諸点より間作向大豆品種の選定或いは間作向大豆新品種の育成に当つては，感光性が強く，しかも分枝力の旺盛な品種を選択することが有利であると考えられる。しかし，感光性の強い品種は一般に生育日数の長い傾向が見られるので，間作栽培の実際に当つては，当該地域の大豆の安全な生育期間を考慮し，可能な範囲に於て感光性の強い品種を選択すべきである。

次に播種期との関係について見ると，一般に早播の場合には長日低温，晩播の場合には短日高温の下に生育する結果となり（第 6 図），このような生育環境の差異は，大豆品種の感温性，感光性程度の差異により，その生育状態に著しい変化を与えた。即ち，

(1) 播種期が遅れるに従い生育初期の気温が高くなるため，各品種共に主茎の伸長，生長は促進されるが，日長は次第に短くなるので，生長点に於ける花芽の分化が促進されるため，栄養生長期間は短くなる（第 7 表，第 7 図）。

(2) 有賀（1948），永田（1950）の両氏は播種期の早晩による開花期の変異を基準とし，大豆品種の生態型を分類しているが，本試験結果では，晩播による開花促進率と，感光性程度と相関関係の見られるのは，6 月 16 日播に対する 7月 1 日播の開花促進率との間だけである（第 8 表）。これは 6 月 16 日以前の播種では，早播区程長日条件下に生育する期間が長いため，短日に対する品種間の開花反応の差異が顕著に現われないためと考えられる。従つて北海道では，播種期の早晩による開花反応の差異により品種の感光性程度を知ろうとする場合には播種期を 6 月 16 日以降にするがよいと考える。

(3) 播種期の早晩は大豆品種の主要特性に著しい変化を与え，且つ品種の生態型とその変化の程度とは密接な関係がある（第 9 表）。就中品種の感光性程度と，草丈，主茎節数，分枝数，分枝節数，主茎莢数及び分枝莢数の変異とは極めて顕著な負の相関関係にあり，これらの諸特性は何れも晩播するに従い，感光性の強い品種程著しく減少する。これは早播区ほど，長日長の下に生育する期間が長いので，主茎生長点及び腋芽は花芽に分化し得ないで旺盛な栄養生長をするが，晩播区では次第に日長が短くなつて来るので，感光性の強い品種程短日に敏感に反応して生殖生長に転換する結果と考えられる。

(4) 1 株粒重の変異と最も密接な関係にある特性は，主として分枝上に於ける諸特性の変異である故，播種期の相違による 1 株粒重の変異は，これらの特性の変異とほゞ同様の傾向を示すものと考えられる。従つて本道では，感光性の強い品種

は可能な範囲に於て早播することが多收上有利であり，感温性の強い品種は，本試験の範囲内に於ては，播種期の早晩による増減收の変異は少ないものゝようである。主要收量構成要素の播種期の相違による変異と，感光性程度との相関係数より考察して，5月2日以降5月17日まで，5月17日以降6月1日まで，及び6月1日以降6月11日までの夫々の期間内に於ては，播種期の相違による子実收量の変異には顕著な差が見られないものと考えられる。

以上のように，栽培環境の相違により大豆主要特性には著しい変異が見られ，又その変異の程度と，大豆品種の感温性，感光性程度とは密接な関係があるので，大豆栽培の実際に当つては，よくその環境条件を照合し，その栽培環境に好適する生態型の品種を選択することが極めて肝要である。

摘　　要

1. 麦類に対する大豆の間作栽培，及び大豆の播種期の早晩が，大豆の主要特性にどのような変異をもたらすか，又その変異の程度と大豆の感温性，感光性程度と，どのような関係があるかを調査した。

2. 大豆の間作区と単作区とでは微気象上（特に気温及び日射量）かなりの差異が見られ，間作栽培により大豆の主要特性には著しい変異が見られる。即ち，間作栽培により大豆の分枝数，分枝節数，1株節数，分枝莢数，1株莢数，1000粒重量及び1株粒重は減少する。しかしその減少率は品種によつて異なり，一般に感光性の強い品種ほど少ないが，感温性程度とは一定の関係は認められない。したがつて間作栽培には感光性の強い品種を選択することが肝要である。

3. 播種期の早晩もまた大豆の生育環境に著しい差異をもたらす。しかして播種期が遅れるに従い感光性の強い品種ほど，草丈，主茎及び分枝の節数，分枝数，主茎及び分枝の莢数は減少する。従つて1株粒重も減少するものと考えられ，北海道では可能な範囲に於て感光性の強い品種は早播することが，多收上有利であると考えられる。

参考文献

1. 有賀武典（1948）：大豆品種の生態型，農業及園芸，23（1），617～620.
2. Garner, W. W. and Allard, H. A. (1920): Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment of growth and reproduction in plant. Jour. Agr. Res., 18 (11), 553-606.
3. 小林政明（1945）：豆類（雑穀叢書）.
4. 永田忠男（1950）：大豆品種の特性に関する研究（日本大豆協会刊行）.
5. 尾崎　薫（1952）：大豆の感温性，感光性に関する研究（第1報），北・農・試・彙報，第64号，7～11.

Résumé

Experiments were conducted at the Hokkaido National Agricaltural Experiment Station to make clear the following points, using 25 recommonded soybean varieties which are produced in Hokkaido.

1) Microclimatic relations between fields of soybeans only and those in which soybeans are planted between rows of spring wheat.

2) Difference in the climatic conditions between plots of early and late plantings.

3) Relation between variation in the leading characters which is caused by the above environment and response of soybeans to temperature and day-length.

The results obtained are as follows:

1. Interplanted soybeans were grown, until the wheat plants were harvested, under the condition of average temperature 2°C higher than the normal condition and amount of insolation energy 50～60% less than the normal condition (Figs. 1, 2 and 3).

2. The height of soybeans varied with different varieties as well as by interplanting. Namely, the height of plant decreased in the varieties sensitive to day-length while it increased in those rendered less sensitive to day-length by interplanting (Figs. 5 and 6).

3. Decrease in yield caused by interplanting

is less in the varieties more sensitive to the day-length. It is probable that the above phenomenon is due to the less influence of wheat plants on the growth of both vegetative and reproductive organs of soybeans since those varieties sensitive to day-length start the differentiation of flower bud rather late and grow through longer period. This seems probable also from the fact that there is remarkable negative correlation between degree of response to day-length and that of reduction caused by interplanting in number of branches, nodes of branch, number of nodes per plant, number of pods on branch, number of pods per plant, weight of 1000 seeds, weight of entire seed yield of a plant.

4. For that reason, it is advisable to choose those varieties sensitive to day-length when soybeans are to be grown between rows of other plant. Generally speaking, however, we must employ varieties, taking climatic conditions in the concerned region into consideration because the growth period is long in those varieties sensitive to day-length.

5. With different planting times there was considerable variation in environment, espécially day-length and air temperature, surrounding soybeans. That is to say, they grow under the condition of long day-length and low temperature in the case of early planting and under the condition of short day-length and high temperature in the case of late planting (Fig. 7).

6. Accordingly, by later plantings, the prolongation of early stages is promoted, while shorter total growth period is observed (fig 8). This tendency becomes intensified in those varieties sensitive to day-length.

7. With later plantings, the height of plant, number of nodes of main stem and branch, number of branches and number of pods on main stem and branch are reduced in varieties sensitive to day-length. The yield, as a result, was found to be decresed. It is supposed that the above phenomena took place because, with later plantings, those sensitive to day-length begin reproductive growth before full vegetative growth can be attained as a result of sensitive reaction to short day-length.

8. The best sowing time of soybeans in Hokkaido is approximatly in the middle days of May and the first, second and third limited sowing times are considered to be around the first 10 days of June, the middle 10 days of June and the first 10 days of July respectively. In this connection, those varieties sensitive to day-length should be planted as early as possible in order to obtain higher yield. As for the varieties less sensitive to day-length, fluctuation in yield caused by different sowing time is thought to be small' as far as these experiments are concerned.

大豆の脂肪，蛋白質含量及び沃素價に關する研究（續報）

新　田　一　彦*

STUDIES ON THE OIL AND PROTEIN CONTENTS AND IODINE NUMBER OF SOYBEAN SEEDS. (SECOND REPORT)

By Kazuhiko NITTA

緒　　言

著者はさきに大豆子実の脂肪及び蛋白質含量の品種間差異を明らかにし，それらの迅速検定法を定め，更に今後育種を行う為の基礎資料として若干の環境の変化に応ずる両成分含量の変異を吟味したが，その後肥料要素の影響或いは栽培地域を異にした場合の影響が明らかとなつたので報告する。

又大豆油はその沃素価の高低によつて食用と工業用に分けられ，特に米国に於てはその価の高いものは盛んにペイント，ワニスに利用されている。従つて大豆の将来性に鑑み，沃素価の品種間差異を明らかにすることは意義深いと考えられるので，その試験の結果を加えて報告する。

供試材料及び試験方法

大豆の脂肪及び蛋白質含量の肥料要素の影響については，窒素・燐酸・加里各々の欠乏土壌，三要素欠乏土壌及び三要素を充分に加えた土壌に北海道農業試験場産「北見長葉」を栽培し，両成分含量の地域的変異については，全道13箇所に同様北海道農業試験場産「北見長葉」を栽培し，夫々収穫後常法によつて分析した。尚上記の肥料要素の影響に関する試験は北海道大学農芸化学科土壌肥料学教室の圃場を借用した。

大豆油の沃素価の品種間差異は昭和26年度北海道農業試験場産大豆48品種を供試し，沃素価は WIJS 氏法に従つて測定した。

* 作物部普通作物第3研究室

結果及び考察

I．環境の變異が脂肪及び蛋白質含量に及ぼす影響

1）肥料三要素の影響　大豆を肥沃度の異つた土壌に栽培すれば，植物の養分吸收機構延いては成分含有量にも変化を生ずると考えられるので窒素・燐酸・加里の三要素について各々の欠乏土壌，三要素共に欠乏した土壌及び三要素を充分に加えた完全土壌に大豆「北見長葉」を栽培してその脂肪及び蛋白質含量に及ぼす影響を吟味した（第1表参照）。

第1表　肥料三要素の影響

Table 1　The results of the fertilizer treatment.

処　理	収量比（子実）	粗脂肪（無水物中）	粗蛋白質（無水物中）
無肥料区	47.7	18.10	45.97
無窒素区	75.9	18.48	43.61
無燐酸区	42.7	18.45	44.06
無加里区	90.6	17.23	46.95
完全区	100.0	17.98	45.08

第1表に明らかな如く，子実收量は処理の効果のあつたことを示している。その分析成績によれば，窒素肥料及び燐酸肥料のみを施せば（無加里区）これらは蛋白合成上重要な要素である為，蛋白質含量は46.95％で最大となり，逆に脂肪含量は17.23％で最も少なかつた。又窒素肥料を施さなければ蛋白質の合成が進捗せず同化炭水化物は寧ろ脂肪に合成され，従つて無窒素区は他区に比して脂肪含量最も多く18.48％であり，蛋白質含

量は最小で 43.61 % であつた。又無燐酸区は窒素の場合と同様の傾向を示し，脂肪含量は 18.45 %，蛋白質含量は 44.06 % で共に窒素肥料に次ぐ値を示している。又加里は脂肪合成にやゝ有利に働くように思われる。而して土壌養分の比率がほゞ平均していると見做される完全区及び無肥料区が脂肪蛋白質含量共に中庸の値を得ていることは興味のあることである。肥料要素が大豆の脂肪及び蛋白質含量に及ぼす影響は大要上記の如くであるが，土壌の肥沃度によつてかなりの変動を来すことが明瞭である。この点大豆栽培上或いは品種改良上特に留意しなければならない。

2) 栽培地域を異にした場合の影響　さきに著者が報告した如く，日長の長短は大豆子実の脂肪蛋白質含量に多大の影響があり，又地力も前述の如くかなりの影響をみせるが，実際に栽培地域を異にすれば日射の強さ，長さ，地力の理化学的性質等各種の要因が加わり収量はもとより脂肪蛋白質含量にも大なる差がみられる。第 2 表は「北見長葉」を全道 13 箇所に配布し収穫後分析した結果である。脂肪含量の最大値は江別の 19.56 %，最少値は上士幌の 16.32 % でその差 3.24 % であり，蛋白質含量の最大値は琴似の 46.57 %，最小値は羽幌の 38.61 %でその差は 7.96 %に及んでいる。今後は成分含有量からみた品種の地域性ということが検討されねばならないと思う。

第 2 表　栽培地域を異にした場合の成分含量変異

Table 2 The influences of the locality in which plants were grown on the oil and protein contents of soybean seeds.

栽培地	粗脂肪（無水物中）	粗蛋白質（無水物中）
	%	%
北産士	16.73	42.80
美唄	18.28	43.72
岩見沢	17.79	46.08
上斜里	18.53	42.01
徳舜別	17.05	42.98
雄武	17.24	43.77
士別	16.38	41.73
江別	19.56	43.16
狩太	18.24	40.80
羽幌	18.76	38.61
静内	16.76	45.21
上士幌	16.32	44.73
琴似	18.19	46.57

Ⅱ. 大豆油の沃素價

大豆油はその化学的物理的性質によつて食用と工業用とに用いられ，米国に於ては現今盛んにペイント，ワニス用に使われている。ペイントの製造に適する油は良好な乾燥性—丈夫な皮膜を形成する能力—を持たねばならない。沃素価は油の乾燥性をはかるのに用いられているのであつて，一般に高い沃素価の油は良好な乾燥性をもつが，低いものは食用に望ましいのである。この意味に於て大豆油の沃素価の品種間差異を明らかにすることは非常に重要なことである。北海道農業試験場産48品種を供試して沃素価の測定を行つたが，品種によつて相当に差のあることが明らかとなつた（第 3 表参照）。又各品種の生育日数と沃素価の相関関係を検討したところ，その係数は +0.77 で極めて高い正の相関が見出された。即ち一般に早生のものは沃素価が低く食用向であり，晩生のもの程沃素価が高く工業的価値の高いことがわかつた。今後は大豆の品種を改良するに当り，収量，成分含量はもとより質的にその沃素価も考慮して育種上の対象としなければならないと思う。

第 3 表　大豆油沃素価の品種間差異

Table 3 The varietal difference of iodine number of soybean oil.

品種	生育日数	沃素価
樺太—1	108	117.3
克霜	111	124.8
奥原1号	115	120.4
改良1号	122	123.9
紫花2号	126	123.5
紫花1号	127	128.6
大谷地2号	127	127.9
中生光黒	128	127.1
国育44	131	124.8
吉岡大豆	133	122.8
紫花4号	133	123.8
蘭越	134	128.5
元宝金	134	129.1
萬倉金	134	131.4
金元2号	134	128.8
西比瓦	137	124.2
檜山黒1号	138	133.8
中生裸	142	134.8

品種	生育日数	沃素価
北見長葉	142	127.1
十勝長葉	144	127.8
黄宝珠	146	130.4
福寿	146	133.0
金元1号	146	131.5
小金黄1号	146	128.3
本育65	147	131.0
赤莢1号	147	134.9
早生鶴ノ子	148	135.6
静内大豆	150	134.8
長葉裸1号	152	139.3
三石大豆	152	133.3
甘露	152	127.8
混保系一3	156	130.3
萬地金	156	133.6
茶大豆	162	129.2
赤井川（近藤）	162	127.8
八雲目赤	162	135.1
白小粒（由仁）	164	137.9
早生黒千石	164	134.9
糠内大豆	164	137.9
黒莢	164	134.8
戸蔦大豆	164	133.5
伊達新大豆	167	134.7
白鶴ノ子	167	131.9
茶小粒	169	140.4
Monroe	—	131.2
Blackhawk	—	131.8
Lincoln	—	139.8
Horosoy	—	135.9

總　　括

著者はさきに環境が大豆の脂肪蛋白質含量に及ぼす影響について，その二，三を明らかにしたが本試験に於ては更に肥料三要素の影響，或は栽培地域を異にした場合の影響について試験した。又大豆油の沃素価についてもその将来性に鑑み，品種間差異を明らかにした。その結果を要約すれば，

1）窒素肥料及び燐酸肥料は蛋白質合成に必須のものであり，これを施せば蛋白質含量は増大し，脂肪含量は減少する。加里は脂肪合成に有利に働くようである。

2）栽培地域を異にした場合脂肪，蛋白質含量に相当の変化が見られた。即ち脂肪に於ては最大3.24％，蛋白質では7.76％のひらきをみた。

3）大豆48品種についてその沃素価を測定したが，品種によつてかなりの変化が認められた。又品種の生育日数と沃素価との間には高い正の相関が認められ（$r=+0.77$），早生種程沃素価が低く食用向であり，晩生種は沃素価が高く工業的価値のあることが明瞭となつた。

参考文献

(1) Cole, L. J., Lindstrom, E. W. and Woodworth, C. M., 1927 : Selection for quality of oil in soybean. Jour. Agr. Res., 35, 75～95.

(2) Jamieson, G. S., Baughman, W. F. and McKinney, R. S., 1933 : Oil contents of nine varieties of soybean and the characteristics of extracted oils. Jour. Agr. Res., 46, 57～58.

(3) Schuster, G. L. and Graham, J. M., 1927 : Effect of various fertilizers and lime on composition of soybeans. Jour. Amer. Soc. Agron., 19, 574～576.

(4) Lüducke, H., Sammet, K. and Lesch, W., 1944 : Investigation on the nutrient requirements and effect of increasing doses of phosphoric acid and potash on the yield and quality of the soybean. Bodenkunde u. Pflanzenernähr., 25, 1～31. (Chem. Abst., 38, 6466.)

(5) Cartter, J. L., 1940 : Effects of environment on composition of soybean seed. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 5., 125～130. (Chem. Abst. 37, 2663.)

(6) Ginsberg, J. M. and Shive, J. M., 1936 : The influence of calcium and nitrogen on the protein content of the soybean plant. Soil Sci., 22, 175～192.

(7) Sterz, M., 1941 : Effect of mineral fertilizers in fat formation in seed of *Glycine soya*. Bodenkunde u. Pflanzenernähr., 24, 34～54. (Chem. Abst., 38, 5352.)

(8) Austin, R. H., 1930 : Effect of soil type and fertilizer treatment on the composition of the soybean plant. Jour. Amer. Soc. Agron., 22, 136～156.

(9) Stark, R. W., 1924 : Environmental factors

affecting the protein and the oil content of soybean and the iodine number of soybean oil. Jour. Amer. Soc. Agron., 16, 636～645.

(10) Hopper, T. H. and Cartter, J. L., 1942 : Influence of variety, environment and fertility level on the chemical composition of soybean seed. U. S. Dept. Agr., Tech. Bull., 787, 66. (Chem. Abst., 36, 6199.)

Résumé

In reporting some previous investigation, some results on the influences of a few environmental factors upon the oil and protein contents of soybean seeds were described. Experiments dealing with other environmental factors have been carried out to know how these two components might be affected by the influences of fertilizer treatment and the locality in which plants were grown.

Application of nitrogen and phosphorus were found to increase the percentage of protein and to decrease the percentage of oil in a marked degree. Potassium seemed to increase the oil contents.

Wide variations existed in the composition of soybean seeds when grown in different locations. Such variations may probably be due not only to geographical position or climatic condition, but to differences in soil fertility and soil reaction.

One of the important uses for soybean oil is as a substitute for linseed oil in the manufacture of paint and varnish, and it is, therefore, highly desirable to attempt to increase the drying quality of the oil extracted from soybean seeds.

For this reason, it is important to learn the iodine number of different varieties of soybeans. It was found that varieties of soybeans were different considerably in the iodine number of their oil.

The "Tyashōryū" variety gave an iodine number 140.4, while for the "Karafuto" the number was 117.3. The coefficient of correlation between maturity and iodine number calculated from the data for 44 varieties was found to be highly positive (+0.77).

皮蛋の製造について

西原雄二* 西部慎三*

ON THE MANUFACTURE OF "PIDAN" (A CHINESE PRESERVED EGG)

By Yuji NISHIHARA and Shinzo NISHIBE

皮蛋は卵の貯蔵加工の一方法として，中国の楊子江沿岸に発達したものであるが，この加工方法を我が国に於ける過剰生産時の卵の貯蔵加工に利用し，併せて食生活と農家副業或は農村工業の一環に資する目的をもつて本研究を実施した。

皮蛋に関する研究は Jso[1]，BLUNT and WANG[2] 等によつて化学的に研究され，牛沢[3]による細菌学的研究があり，その外 中原[9]，劉[4]，安部[5]，李[6]，岡田[7]，石田[8] 等の研究もあるが，製造の実際に当つては尚研究を要するところがある[10]。そこで筆者等は卵に対する各種塗布剤と皮蛋製造との関係を究明した。その結果慣用される加工原料を用いて鶩卵，鶏卵に対し好適と思われる製造方法を確認したのでこゝに報告する。

卵より皮蛋への化製機構に関しては前記研究者等によつて化学作用説，細菌作用説及び酵素作用説等が提唱されているが，この点については更に研究を進めている。

試験方法

皮蛋の製造には液状の加工剤に卵を浸漬する方法と，泥状の加工剤を卵に塗布する方法がある。(以下泥状の加工剤を塗布剤と記す)。今回の試験は後者の方法によつて実施した。

塗布剤成分としては生石灰，木灰（生木の新鮮灰），炭酸ソーダ，食塩及び常水を使用した。

製品灰分は常法により，水分は真空乾燥法によつて測定した。尚 pH の測定は板野式迅速 pH 測定器によつて測定した。測定値は総て供試卵5個の平均値である。

尚製品の評定方法としては，卵白は暗濃褐色，卵黄は暗濃緑色を呈しアンモニア及び硫化水素を発生する現象を皮蛋化と名づけ，この変化の存するものを＋，無いものを－，多少認むるものを±として表示した。又卵白の凝固については，凝固せるものを＋，無いものを－，多少認むるものを±として表示した。尚塗布剤配合割合中，石灰は消石灰として表示した。

試験成績及び考察

1. 塗布剤中に於ける石灰及び木灰の作用

木灰及び石灰の皮蛋製造に及ぼす影響を調べる為に，塗布剤中より石灰を除いた区と，木灰を除いた区の2区に分けて，鶩卵に塗布し温度 45°C で密閉容器中に 30 日間保存したが第1表の如き結果を示した。

第1表 塗布剤中に於ける石灰及び木灰の皮蛋製造に及ぼす影響

Table 1 Effects of lime and wood-ashes in the mixtures on the formation of Pidan.

試験区		木灰なき区	石灰なき区
塗布剤	石灰	52.9 %	— %
	木灰	—	48.2
	炭酸ソーダ	5.5	5.1
	食塩	2.8	3.0
	水	38.8	43.6
	pH	13.4	12.4
製品	卵白 pH	10.0	8.7
	卵黄 pH	8.3	7.8
	皮蛋化	＋	－
	凝固	＋	±

上表に示せる如く，木灰を含まない区の皮蛋化及び凝固は完全であるに比し，石灰を含まない区に於ては皮蛋化が殆んどみられず，凝固の点に於

* 畜産部畜産加工研究室

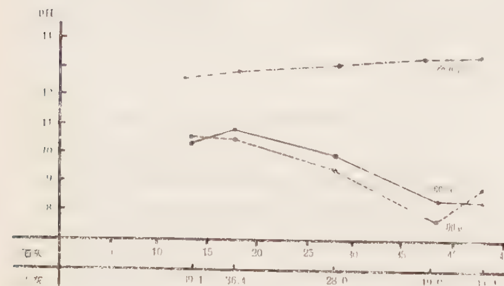
ても半熟卵の如き状態を示した。pH は卵黄，卵白及び塗布剤共に木灰のない区の方が高かつた。

次に塗布剤中の石灰と木灰の配合比を異にする塗布剤を鶏卵に塗布し，37°C に 60 日間放置したものは第 2 表及び第 1 図に示す如くであつた。

第 2 表 石灰及び木灰の配合比を異にした塗布剤の皮蛋製造に及ぼす影響

Table 2 Effects of the mixtures varied with lime and wood-ashes contents on the formation of Pidan.

試験区		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
塗布剤	石灰	% 13.2	% 17.9	% 28.0	% 38.5	% 43.1
	木灰	39.1	36.4	28.0	19.0	14.4
	炭酸ソーダ	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
	食塩	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
	水分	43.1	41.1	39.4	37.9	37.9
	pH	12.7	12.9	13.2	13.4	13.4
製品	卵白 pH	10.4	10.9	10.0	8.4	8.5
	卵黄 pH	10.5	10.5	9.6	7.7	8.9
	皮蛋化	+	+	+	±	+
	凝固	−	−	−	−	−



第 1 圖 石灰及び木灰の配合比を異にした塗布剤の製品 pH に及ぼす影響

Fig. 1 Effects of the mixtures varied with lime and wood-ashes contents on the pH of their products.

本実験によると，塗布剤 pH は石灰含量が多くなるに従つて高くなるが，製品の pH は必ずしも塗布剤の pH に比例せず，むしろ石灰含量に反比例するものの如くである。又製品 pH の高いほど皮蛋化の促進されることが観察された。即ち製品 pH の低い石灰含量 38.5% の区では充分な皮蛋化は行なわれていなかつた。

これらの結果から，石灰は塗布剤中の成分の滲透作用に相当に影響するものと考えられるので，石灰と木灰の配合割合を異にした塗布剤を鶏卵に塗布し，30°C 20 日後その卵黄の灰分及び水分の測定を行つた結果は第 3 表の如くであつた。

第 3 表 石灰及び木灰の配合比を異にした塗布剤の製品灰分に及ぼす影響

Table 3 Effects of the mixtures varied with lime and wood-ashes contents on the ash quantities in their products.

試験区		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	対照
塗布剤	石灰	% 55.6	% 46.2	% 43.2	% 37.8	新鮮鶏卵
	木灰	—	9.8	12.6	18.2	
	炭酸ソーダ	5.6	5.6	5.6	5.6	
	食塩	4.7	4.7	4.7	4.7	
	水分	34.1	33.7	33.9	33.7	
	pH	13.3	13.3	13.4	13.4	
製品	卵黄水分	% 59.76	% 59.90	% 61.75	% 59.59	49.5
	卵黄灰分	2.66	4.56	4.38	4.34	1.1
	灰分乾物化	6.61	11.37	11.45	10.74	2.2
	卵黄 pH	11.16	12.70	12.75	12.10	6.3
	皮蛋比	+	+	+	+	−
	凝固	±	±	±	−	−

本実験に於て灰分の乾物百分比を見ると，塗布剤中の石灰含量 46.22% 区，43.42%区，37.82% 区の間には大差を認められないが，木灰を含まない塗布剤の区に於てはその灰分含量が 6.61 乾物%で，他の区に比し非常に低い値を示した。これ

第 4 表 塗布剤中に於ける炭酸ソーダの皮蛋製造に及ぼす影響

Table 4 Fffect of Na_2CO_3 in the mixture on the formation of Pidan.

試験区		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
塗布剤	炭酸ソーダ	% —	% 2.3	% 4.8	% 7.2
	石灰	20.8	20.8	20.8	20.8
	木灰	32.8	32.8	32.8	32.8
	食塩	3.5	3.5	3.5	3.5
	水分	42.9	40.6	38.1	35.7
	pH	13.7	13.6	13.65	13.65
製品	卵白 pH	10.1	11.0	10.7	11.1
	卵黄 pH	8.9	9.8	9.3	10.6
	皮蛋化	−	+	+	+
	凝固	±	±	−	±

は石灰が塗布剤中の成分の滲透作用を阻害するためではなかろうかと考えられる。尚本実験では各

区共卵黄水分がいずれも新鮮卵より増大するのを見た。又，卵黄灰分の多いものはその pH が高いような結果を示した。

2. 塗布剤中に於ける炭酸ソーダの作用

塗布剤中の炭酸ソーダが皮蛋製造に及ぼす影響を知る為に，炭酸ソーダ含量の異なる塗布剤を鶏卵に塗布し，45°C 30日後の変化を観察した結果は第4表及び第2図に示す如くである。



第2圖　塗布剤中に於ける炭酸ソーダの製品 pH に及ぼす影響

Fig 2 Effect of Na_2CO_3 in the mixture on the pH of its products.

本実験を考察すると，炭酸ソーダを含む区はいずれも卵白の pH 11.0 内外を示したが，炭酸ソーダを欠除した区は 10.1 で，明らかに pH に於て低い。又，皮蛋化に於ても Na_2CO_3 を含まない区は皮蛋化が認められないが，含む区に於てはそれを認めた。即ち炭酸ソーダは皮蛋製造上，皮蛋化を起すのに有効な物質であると思われる。

次に塗布剤中に於ける炭酸ソーダが塗布剤成分の滲透に及ぼす影響を調べる為に，炭酸ソーダ含量を異にする塗布剤を鶏卵に塗布し，温度30°C に 40 日間貯蔵した。変化は第5表に示す通りであつた。

第5表　塗布剤中の炭酸ソーダの製品灰分に及ぼす影響

Table 5 Effect of Na_2CO_3 in the mixture on the ash quantity in its products.

試験区		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	対照
塗布剤	炭酸ソーダ	2.0%	3.9%	5.8%	7.7%	新鮮鶏卵
	石灰	49.4	49.2	48.3	47.8	
	木灰	9.9	9.8	9.7	9.6	
	食塩	3.6	3.5	3.5	3.4	
	水	35.1	33.6	32.7	31.5	
製品	卵白水分	83.67%	81.22%	81.28%	81.03%	89.0%
	卵白灰分	2.99	4.07	4.18	4.39	0.7
	灰分乾物比	18.31	21.67	23.33	23.14	6.4
	皮蛋化	±	+	+	+	−
	凝固	−	±	±	−	−

上表を考察すると，塗布剤中の炭酸ソーダ含量に比例して製品中の灰分の増大することが観察される。尚本実験に於て卵白水分は新鮮卵よりいずれも減少することが示された。

3. 各種塗布剤と皮蛋製造との關係

1及び2の実験より木灰，石灰，炭酸ソーダ等の主なる作用が考察されたので，各種塗布剤を作り適当な配合割合を検索した。

鶩卵に3種の塗布剤を塗布し，温度37°C, 60日後に観察した結果は第6表に示す通りであつた。

第6表　鶩卵に対する各種塗布剤の皮蛋製造に及ぼす影響

Table 6 Effects of various mixtures on the making of Pidan from duck's eggs.

試験区		鶩卵 No. Ⅰ	鶩卵 No. Ⅱ	鶩卵 No. Ⅲ	鶏卵
塗布剤	石灰	6.2%	10.0%	21.3%	21.3%
	木灰	50.7	48.7	32.0	32.0
	炭酸ソーダ	4.2	4.2	4.6	4.6
	食塩	3.5	3.3	3.7	3.7
	水	35.4	33.8	38.4	38.4
	pH	11.1	11.0	13.5	13.5
製品	卵白 pH	8.8	9.0	10.7	10.8
	皮蛋化	−	±	+	+
	凝固	−	−	+	±

本実験を考察すると，塗布剤中の石灰含量が少ないⅠ及びⅡは塗布剤 pH 及び製品 pH も低く，殆んど皮蛋化は進まず，更に凝固も起きなかつた。然し石灰含量の多いⅢの配合割合が鶩卵に対して良好な結果を示したが，同一配合に於ける鶏卵は凝固不完全で良い結果が得られなかつた。

そこで更に石灰含量の多い塗布剤を作り鶏卵に塗布し，温度30°C で 30 日，80 日と観察した結果は第7表に示す通りであつた。

本実験に於ては鶏卵に対し極めて良好な成績を得られたが，中でもⅡの配合に於て最も良い結果を示した。即ち石灰の多いⅠの配合は後期に凝固が起るものと想定され，木灰が幾分多いⅢの配合の場合，一旦凝固したものが後期に溶解する現象を認めた。

第7表 鶏卵に対する各種塗布剤の皮蛋製造に及ぼす影響

Table 7 Effects of various mixtures on the making of Pidan from hen's eggs.

試験区		I		II		III	
塗布剤	石灰	54.6 %		45.0 %		40.1 %	
	木灰	—		10.0		16.3	
	炭酸ソーダ	6.0		6.0		2.7	
	食塩	4.8		4.0		3.6	
	水	34.6		35.0		37.3	
	pH	13.2		13.6		13.5	
	日数	30	80	30	80	30	80
製品	卵白pH	11.3	10.1	12.5	9.8	11.3	11.1
	卵黄pH	10.9	—	10.1	—	11.2	—
	卵白水分 (%)	—	82.32	—	82.78	—	79.91
	卵白灰分 (%)	—	2.88	—	2.15	—	2.56
	灰分乾物比 (%)	—	12.90	—	12.49	—	12.74
	皮蛋化	+	+	+	+	+	+
	凝固	±	+	+	+	+	—

4. 皮蛋製造と溫度及び期間との關係

鶩卵について第6表IIIと同一配合の塗布剤を作り，温度23°Cで30日，40日，50日と観察した結果は第8表及び第3図に示す通りである。

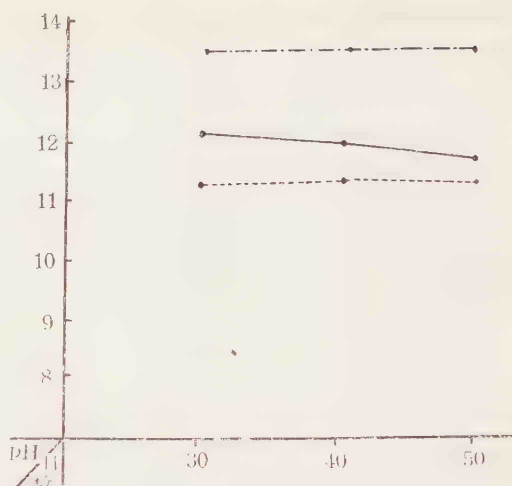
本実験結果を考察するに，30日後に於ける卵白，卵黄のpHの差は1位であるが50日後に於ては卵白のpH降り，卵黄のpHが昇つて接近しその差は約0.4位となつた。この傾向は第7表に示した卵白pHの傾向とほゞ一致するところであつて熟成の経過と共に卵白，卵黄のpHの差は接近して来るものと考察される。

第8表 30日より50日間の製品pHの変化

Table 8 The pH of products at the storing stages between 30 to 50 days.

試験区		30日	40日	50日
製品	卵白pH	12.1	12.0	11.9
	卵黄pH	11.2	11.4	11.5
	皮蛋化	+	+	+
	凝固	+	+	+
塗布剤	pH	13.5	13.5	13.5

次に温度による影響を調べる為に第6表IIIと同一配合剤を鶩卵に用い，温度23°C及び45°Cの2区に分け30日後の変化を観察したが，その結果は第9表（A）に示す如くである。更に鶏卵について，第7表Bの配合につき室温区（15～18°C）と25°Cの2区に分け観察した結果は第9表（B）に示す通りであつた。



第3圖 第8表よりの図

Fig 3 Figure from Table 8.

第9表 温度の皮蛋製造に及ぼす影響

Table 9 Effects of various temperatures on the making of Pidan.

（A）

試験区（鶩卵）		23°C	15°C
製品	卵白pH	12.1	11.0
	卵黄pH	11.2	10.1
	皮蛋化	+	+
	凝固	+	+

（B）

試験区（鶩卵）		25°C	室温 15～18°C
製品	卵白水分	82.35	83.23
	卵白灰分	2.93	3.21
	皮蛋化	+	—
	凝固	+	+

これらの試験を考察すると，第9表に示した如く温度の高い場合pHの低い結果を示した。このことは高温区は熟成が早く完了するように推察される。又本試験（B）に示したように15～18°Cの低温では，30日後に於て凝固はするが皮蛋化の域に達しないことが観察された。尚卵白の灰分は本試験に於て低温の方が幾分多かつた。

要　約

以上の試験結果を要約すると次のようである。

1. 石灰は皮蛋製造上卵白の凝固作用が強く，且つ木灰より皮蛋化及び凝固作用は優れていた。

2. 製品のpH及び灰分は塗布剤の石灰含量に

反比例する傾向が見られた。

3. 炭酸ソーダは皮蛋化を促進する作用に富み又塗布剤中その含量の増加に伴い，製品中の灰分も増大する。

4. 製品の水分含量は卵白に於て減少し，卵黄に於て増大する。

5. 皮蛋の製造中製品卵白の pH は初期の凝固時に高く，後期に低下して来る。且温度の高い程早く低下する。

6. これらの試験結果より皮蛋製造に好適な配合割合は次の如くであつた。

	石灰	木灰	炭酸ソーダ	食塩	水
鶩　卵	20.0	30.0	5～6	4.0	40.0
鶏　卵	45.0	10.0	5～6	4.0	35.0

終りに臨み懇篤なる御指導と御助力を賜つた北海道大学農学部橋本吉雄助教授に深甚なる謝意を表する。

参考文献

1) Jso, E., (1926): Biochem. Jour., 20, 17.

2) Blunt, K. and C. Wang, (1916): Jour. Biol. Chem., 28, 125.

3) Hanzawa, J. (1913): Zenter Bakt. 2te Abt., 36, 418.

4) 劉先登：日本消化器病学会雑誌，31巻，pp. 668～684.

5) 安部浅吉：満洲医学雑誌，7 巻，p. 961.

6) 李公耳 (1924)：食譜大全.

7) 岡田卓穂 (1932)：特許 99624 号.

8) 石田末吉 (1934)：特許 110061 号.

9) 中原重樹 (1940)：鶏卵冷凍及乾燥，p. 75.

10) 橋本吉雄 (1949)：寒地の養鶏，1 号，2 号.

Résumé

The following changes have been shown to take place during the formation of Pidan with an alkaline paste mixture.

1. The lime in the mixture caused a hard coagulation of egg white and promoted a better egg coagulation and pidanization* in comparison with wood ashes.

2. pH value and ash contents in the Pidan showed a tendency to decrease in relation to the increase of lime quantities in the mixture.

3. Na_2CO_3 in the mixture caused the obvious pidanization, and ash contents in the Pidan increased in accordance with the increase of Na_2CO_3 in the mixture.

4. Water was lost from the white, but yolk got more water by pidanization.

5. The white pH of Pidan showed higher at the earlier stage in the pidanization than in the later stage, and the value was lowered rapidly by keeping them at high temperature. (45°C).

6. From these experiments, the following description of preparation was proposed for the making of Pidan.

	lime (%)	wood-ashes (%)	Na_2CO_3 (%)
duck's egg	20	30	5～6
hen's egg	45	10	5～6

	table salt (%)	water (%)
duck's egg	4	40
hen's egg	4	35

* This is shown by the color of the white and yolk ; the former chages to a coffee-like, and the latter to a greenish gray. They smell of ammonia and hydrosulphite.

北海道に飼養する乳牛の脂肪率とカロチン及びビタミンA含量に關する研究　第2報

上月操一*　大原久友*　三股正年**
吉田則人**　高野信雄**

ON THE BUTTER FAT, CAROTENE AND VITAMIN-A OF COW'S MILK IN HOKKAIDO II

By Sōichi Kōzuki, Hisatomo Ōhara,
Masatoshi Mitsumata, Norito Yoshida and Nobuo Takano

緒　　言

著者等はさきに[1] 北海道に飼養する若干乳牛の品種並びに飼養法と脂肪率，カロチン並びにビタミンAとの関係について報告したが，今回は更に各種優良乳牛を多数飼養する北海道立種畜場繋養のものについて調査したものを報告する。

本研究に当つては，同場長塚本不二雄氏，同場吏員松野政吉氏，同平野光弘氏より多大の便宜を受け，また帯広畜産大学長宮脇富博士より研究上の教示を得たが，ここに厚く謝意を表する次第である。

實 驗 方 法

北海道立種畜場に飼養する乳牛中より代表的なものとしてホルスタイン種5頭，エアシヤー種，短角種，ブラウンスウイス種各1頭を選出し，放牧期である昭和25年9月，舎飼初期の同年12月，舎飼中期の昭和26年2月，放牧初期の同年5月の4回に亘つて，血漿並びに牛乳中のカロチン及びビタミンA、乳量，脂肪率を調査した。牛乳の脂肪率はBabcock法，カロチン，ビタミンAは藤田法，血漿中の成分はPett法に拠り定量した。

實驗結果及び考察

この実験に供試した乳牛は第1表の如くである。

第1表　供試乳牛における概要

Table 1　Status of cows tested

供試乳牛番号	品種	乳牛名	生年月日 (年 月 日)	産次 (次)	最近における分娩年月日 (年 月 日)	今泌乳期最高乳量 (kg)
1	ホルスタイン	第8松毬	21. 3. 21	初	25. 3. 6	20.3
2	ホルスタイン	ダツチエランドネリーピーターチエ	22. 2. 19	初	24. 11. 23	18.7
3	ホルスタイン	第4セダーグレインポンチヤツクウイツト	17. 5. 3	4	24. 12. 28	19.3
4	ホルスタイン	第9紅椿	20. 8. 8	2	25. 3. 25	21.0
5	ホルスタイン	第3マダドーアピーターチエデンバー	16. 1. 11	4	25. 3. 6	23.8
6	エアシヤー	第20スノードロツプ	17. 10. 4	3	25. 3. 20	15.9
7	ショートホーン	第30吹雪	19. 12. 23	2	25. 2. 25	14.8
8	ブラウンスウイス	レデードレツター	21. 7. 21	3	24. 12. 30	15.6

以上の如く，各供試乳牛によつて生年月日，産次，最近の分娩月日，並びに今泌乳期の最高乳量が異るが，いずれも健康体のものであり，放牧期中は全期間放牧し得たものである。その放牧期並びに舎飼期における血漿及び牛乳中のビタミン

*　畜産部　　**　同牧野研究室

A，カロチン含量を示すと第2表の如くである。

第 2 表　放牧期及び舎飼期における乳牛の血漿並びに牛乳中のカロチン，ビタミンA含量，乳量及び脂肪率

Table 2 Butter fat of milk, carotene and vitamin A contents of blood plasma and cow's milk during grazing and stalling periods.

供試乳牛番号	放牧期（9 月）							
	血漿		牛乳				脂肪率	乳量
	カロチン	ビタミンA	カロチン		ビタミンA			
	γ/100ml	I.U./100ml	γ/100ml	γ/g 脂肪	I.U./100ml	I.U./g 脂肪	%	kg
1	592	139.6	35.2	14.0	158.0	62.7	2.50	11.4
2	560	123.8	30.4	11.2	181.5	67.2	2.70	6.0
3	462	126.8	40.0	11.2	148.5	41.8	3.55	4.0
4	564	142.4	35.2	11.0	149.3	46.6	3.20	17.4
5	604	139.6	44.8	17.9	132.0	52.8	2.50	9.5
6	514	142.6	65.6	19.0	206.3	59.7	3.45	1.9
7	422	152.0	46.4	11.7	181.5	45.9	3.92	3.8
8	582	126.8	67.2	16.8	169.1	42.2	4.00	4.2
平均	537.5	136.7	45.8	14.1	165.6	39.8	3.23	7.3
9月を100としたときの比較	100	100	100	100	100	100	100	100

供試乳牛番号	舎飼初期（12 月）							
	血漿		牛乳				脂肪率	乳量
	カロチン	ビタミンA	カロチン		ビタミンA			
	γ/100ml	I.U./100ml	γ/100ml	γ/g 脂肪	I.U./100ml	I.U./g 脂肪	%	kg
1	429	111.0	17.6	5.7	140.3	46.0	3.05	7.5
2	438	113.6	20.8	7.7	148.5	55.0	2.70	4.0
3	400	82.4	24.0	6.0	148.5	37.1	4.00	3.0
4	434	107.8	20.8	5.4	132.0	34.2	3.85	9.2
5	542	120.4	24.0	7.6	140.3	44.5	3.15	4.5
6	442	111.0	—	—	—	—	—	—
7	344	120.4	—	—	—	—	—	—
8	420	107.8	25.6	6.7	149.3	39.2	3.80	2.5
平均	431	109.3	22.1	6.3	143.1	42.6	3.42	5.1
9月を100としたときの比較	80	80	48	45	86	107	106	70

供試乳牛番号	舎飼期（2月）		放牧初期（5 月）						
	血漿		血漿		牛乳				脂肪率
	カロチン	ビタミンA	カロチン	ビタミンA	カロチン		ビタミンA		
	γ/100ml	I.U./100ml	γ/100ml	I.U./100ml	γ/100 ml	γ/g 脂肪	I.U./100ml	I.U./g 脂肪	%
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	284	79.2	—	—	10.0	3.2	81.4	26.2	3.1
3	196	72.8	311	70.5	16.8	5.4	85.3	27.5	3.3
4	298	82.4	403	76.6	19.4	9.0	86.6	40.2	2.1
5	184	69.6	112	54.2	5.6	3.7	54.1	36.0	1.5
6	224	79.2	286	64.7	5.0	1.4	74.2	21.2	3.5
7	196	71.2	156	55.2	1.7	0.7	58.1	25.2	2.3
8	141	66.6	134	54.8	1.1	0.5	55.5	25.2	2.2
平均	217.7	74.4	234.0	62.7	8.5	3.4	70.7	28.8	2.6
9月を100としたときの比較	40	54	43	45	18	24	42	73	80

上の成績を放牧期である9月に調査したものを基礎として考察してみよう。

この期における血漿中のカロチン含量は平均537.5 γ/100 ml, ビタミンA含量は136.7 γ/100 mlであり，牛乳中にはそれぞれ45.8 γ/ 00 ml, 165.6 I.U./100 mlである。各供試乳牛によつて多少その含量を異にするが，これは各個体によるカロチン摂取量と体内貯蔵量の差であろう。而して全ビタミンA含量に合算すると45.8 γ+165.6 I.U.（混合の場合は1γを1 I.U. と計算する）計211.4 γ/100 mlとなる。この含量は非常に多い量である。つまり従来の全ビタミンA含量[2]は各種の条件によつて異るが，20～200 γ/100 mlと推定せられている。これはカロチン含量の多い草類を摂取しているためであり，府県に於ては粗飼料の大部分は稲稈その他の稿稈が多く，要するに草飼養と稈飼養の根本的差異に基くものである。

本実験に供試した乳牛の放牧地帯は主としてクマイザサ，エゾヤマハギ，ススキ，ヨモギ類，その他野生化した牧草から成る野草放牧地である。これらの草類の生草状態のものは，かなりカロチン含量が多い。

次に舎飼初期である12月に於けるものは血漿中のカロチン，ビタミンAともに放牧期の80％位に減ずる。しかし牛乳中に於てはカロチン含量は半ば以下に低減し，ビタミンA含量は100 mlに対しては86％，乳脂1g当りに対しては却つて増加し107％に達している。このように牛乳中に於てはカロチンの方がビタミンAよりも低減度が早いのは，カロチンが生体内に於て22分子のビタミンAに転ずる関係であろう。

次に舎飼期の進んだ2月頃になると，血漿中のカロチン，ビタミンAはともに12月頃よりも更に低減度が著しくなる。つまり放牧期に比してカロチン含量は40％，ビタミンA含量は54％に低減する。

続いて放牧期の5月までには，その低減度がほぼ持続し，牛乳中に於ては12月頃よりも一層低減度が大となり，100 ml中の含量に於けるカロチンは，放牧初期の18％，ビタミンAは42％に低減するのである。乳脂1g当りの含量も勿論減少するが，100 mlに於けるよりもその低減度が大である。

以上のように乳牛に於ける血漿，牛乳及び乳脂中のカロチン，ビタミンAは四季の移り変りと共に変化し，一般に放牧期のカロチン含量が多い草を摂る時期には，血漿中にも，牛乳中にも多くなつている。もちろん余剰のものは，肝臓中にも貯えられているであろう。舎飼期に於けるこれらの含量は専ら，飼料中から摂る量と体内貯蔵量に関連しているようである。従つてカロチン含量の少ない飼料を摂取する冬季間の飼養法には，できるだけカロチン含量の多い飼料を与えるように注意することが必要である。

摘 要

著者等は前報に引続いて北海道に飼養する乳牛の脂肪率とカロチン及びビタミンAについて研究したが，その成績を要結すれば次の如くである。

1. 放牧期（9月）には血漿中にも，牛乳中にもカロチン及びビタミンAともにかなり多く含まれている。牛乳中の全量は211.4 γ/100 mlである。このように含量の多いのはカロチンに富む青草を多量に摂取するためである。この点に於ては他府県に於ける稿稈飼養とは根本的に異り，一般に従来の成績によると，日本に於ける全ビタミンA含量は各種の条件によつて異るが，大体に於て20～200 γ/100 mlと推定せられている。

2. これらの血漿中に於ける含量は舎飼期になると漸減し，ともに放牧期の80％となる。カロチン含量は牛乳及び乳脂に於ても，放牧期の50％以下となるが，ビタミンA含量はあまり変化しない。これはおそらく肝臓中にビタミンAが貯蔵せられているためであろう。

3. 放牧が終了してから2月頃までになると牛乳に於けると同じように血漿中にもともに少なくなり，この状態が放牧が開始せられる5月の候まで持続される。

参 考 文 献

(1) 上月操一・大原久友・三股正年・吉田則人・高野信雄，1952：北海道に飼養する乳牛の脂肪率とカロチン及びビタミンA含量に関する研究 第1報，北海道農業試驗場彙報，第63号，132～136.

(2) 津郷友吉，1949：牛乳の加工とビタミン（I），畜産の研究，3, No. 1, 9～12.

Résumé

Continuing further their previous investigations, the authors have studied on the carotene and vitamin-A contents of cow's milk fat produced in Hokkaido. The following conclusions have been drawn from the data obtained.

1. During the grazing period (September), the carotene and vitamin-A contents of milk fat and also of blood plasma are very large, amounting in total to 211.4 γ/100 ml.

Such a large content of carotene is apparently due to the grazing of green grass, which contains abundant carotene, and differs from the condition found in other prefectures, where straw constitutes the larger proportion of roughage; it has been reported by former investigations that the total vitamin-A content of milk fat in Japan in 20—200 γ/100 ml, according to varying conditions.

2. The total carotene and vitamin-A contents of blood plasma decreases gradually during the stall feeding period to about 80% of the contents in the grazing period ; the carotene contents of milk and butter fat decreases in reality to 50% or less of those in the grazing period, whereas their vitamin-A contents are not so variable a phenomenon which is probably related with the storage of vitamin-A in the liver of the cow.

3. From the time when grazing is stopped, the contents of carotene and vitamin-A in blood plasma as well as in milk fat decrease gradually by February and this state of lowered content continues until May, when pasture season begins.